



TESIS - RG142509

**ANALISA PERUBAHAN MASSA BUMI AKIBAT
GEMPA MENGGUNAKAN DATA SATELIT GAYA
BERAT GRACE
(STUDI KASUS: GEMPA JAWA BARAT 17 JULI
2006, 7,7 Mw)**

DENNIS DANIEL MAUMAYAN
NRP 3514201014

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. M. Taufik
Ira M. Anjasmara, S.T., M.Phil., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK GEOMATIKA
JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



THESIS - RG142509

**ANALYSIS EARTH'S MASS CHANGES RESULT OF
EARTHQUAKE USING DATA OF GRAVITY
SATELLITE GRACE
(CASE STUDY: JULY 17, 2006 WEST JAVA
EARTHQUAKE, Mw 7.7)**

DENNIS DANIEL MAUMAYAN
NRP 3514201014

SUPERVISORS
Dr. Ir. M. Taufik
Ira M. Anjasmara, S.T., M.Phil., Ph.D.

MAGISTER PROGRAM
EXPERT STUDY GEOMATICS ENGINEERING
DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**oleh:
Dennis Daniel Maumayan
Nrp. 3514201014**

**Tanggal Ujian: 20 Juli 2016
Periode Wisuda: 114**

Disetujui oleh:



**1. Dr. Ir. M. Taufik
NIP: 19550919 198603 1 001**

(Pembimbing I)



**2. Ira M. Anjasmara, S.T, M.Phil, Ph.D
NIP: 19781231 200212 2 001**

(Pembimbing II)



**3. M. Nur Cahyadi, S.T, M.Sc, Ph.D
NIP: 19811223 200501 1 002**

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,




**Prof. Dr. Drauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D
NIP: 19601202 198701 1 001**

ANALISA PERUBAHAN MASSA BUMI AKIBAT GEMPA MENGUNAKAN DATA SATELIT GAYA BERAT GRACE

Nama Mahasiswa	: Dennis Daniel Maumayan
NRP	: 3514201014
Pembimbing I	: Dr. Ir. M. Taufik
Pembimbing II	: Ira M. Anjasmara, S.T, M.Phil, Ph.D

ABSTRAK

Gempa merupakan getaran atau guncangan yang muncul secara tiba-tiba ke permukaan bumi akibat perubahan posisi batuan dari dalam bumi. Indonesia merupakan daerah yang rawan gempa karena dilalui oleh jalur pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Pada tanggal 17 Juli 2006 terjadi Gempa dengan magnitudo 7,7 Mw berlokasi di lepas pantai di sebelah selatan Jawa, dekat dengan palung pada zona subduksi Sunda. Zona subduksi Sunda merupakan hasil dari tumbukan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Akibat tumbukan kedua lempeng ini menimbulkan perubahan massa bumi dan menyebabkan terjadinya gempa. GRACE (*Gravity Research And Climate Experiment*) merupakan satelit gaya berat yang dapat mengukur dan memetakan variasi gaya berat bumi secara akurat. GRGS (*Groupe de Recherche de Geodesie Spatiale*) menyediakan data level-3 GRACE berupa data grid gaya berat bulanan yang berisi nilai variasi massa dengan resolusi $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$. GMT (*General Mapping Tool*) merupakan suatu perangkat lunak yang menyajikan banyak peralatan yang dapat digunakan untuk membuat peta. Dengan menggunakan GMT, data tersebut diplot dan menghasilkan peta model variasi massa pada saat sebelum dan sesudah gempa. Sebagai hasil, dari analisa menunjukan bahwa perubahan massa di titik episenter gempa mengalami kenaikan secara signifikan dari angka -1,988 cm pada saat sebelum gempa ke angka +6,197 cm pada saat sesudah gempa.

Kata kunci: Data level-3 GRACE, Gempa, GMT, Perubahan massa bumi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS EARTH'S MASS CHANGES RESULT OF EARTHQUAKE USING DATA OF SATELLIT GRAVITY GRACE

By : Dennis Daniel Maumayan
Student Identity Number : 3514201014
Supervisors : Dr. Ir. M. Taufik
Ira M. Anjasmara, S.T, M.Phil, Ph.D

ABSTRACT

An earthquake is the sudden shaking of the ground that occurs when masses of rock change position below Earth's surface. Indonesia archipelago is an area prone to earthquakes because the path traversed by the confluence of three tectonic plates, the Indo-Australian plate, Eurasian plate and Pacific plate. The 17 July West Java earthquake ($M_w = 7.7$) was located offshore near the trench of the Sunda subduction zone, south of Java. Sunda subduction zone was formed by collision of Indo-Australia plate and Eurasia plate, which caused changes of Earth's mass and generated earthquakes. GRACE (*Gravity Research And Climate Experiment*) is a satellite mission that will accurately map variations in the Earth's gravity field. GRGS (*Groupe de Recherche de Geodesie Spatiale*) provides GRACE level-3 grid data which contains value of earth mass changes in 0.5 degree resolution. GMT (*General Mapping Tool*) is a program that allow us to plots geoscience's data with many tools to manipulate and create maps. By using GMT, the data was plotted and produced map of mass changes before and after earthquake. As result, maps shown that Earth's mass at the epicenter of earthquake was significantly increased from -1.988 cm before the earthquake +6,197 cm after the earthquake (in equivalent water height unit).

Keywords: Earthquake, Earth's mass change, GMT, GRACE-level 3 data.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, atas berkat, rahmat dan anugerah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul **“Analisa Perubahan Massa Bumi Akibat Gempa Menggunakan Data Satelit Gaya Berat GRACE Studi Kasus: Gempa Jawa Barat 17 Juli 2006 (Mw 7,7)”**. Penulisan tesis ini dimaksudkan untuk melengkapi persyaratan kelulusan tingkat Magister, Program Studi Teknik Geomatika ITS.

Penulis, menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan tesis ini. Ucapan ini disampaikan kepada:

1. Ibu tercinta Agnes Welly Maumayan dan Kedua Adikku terkasih Decky Leonardo Maumayan dan Digna R.A. Maumayan yang selalu memberikan dukungan dan doa.
2. Ibu Ira Mutiara Anjasmara, S.T., M.Phil, Ph.D selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Geomatika ITS Surabaya dan terlebih khusus sebagai dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan, bimbingan, dan masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr. Ir. M. Taufik sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan dalam penyusunan tesis ini.
4. Bapak M. Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika dan sebagai penguji yang telah memberikan arahan dan saran untuk kesempurnaan tesis ini.
5. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan atas semua ilmu, fasilitas dan pelayanannya.
6. Teman-teman S2 Teknik Geomatika Angkatan 2014 yang telah memberikan semangat dan dukungan untuk menyelesaikan tesis ini.
7. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung hingga terselesaikannya tesis ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tuhan Memberkati.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	3
 BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	 5
2.1 Gempa Bumi	5
2.1.1 Penyebab Gempa	5
2.1.2 Tipe Patahan	6
2.1.3 Kejadian Gempa	7
2.2 Aktivitas Seismotektonik di Indonesia	9
2.3 Zona Subduksi Selatan Jawa	10
2.4 Massa dan Medan Gaya Berat Bumi	12
2.4.1 Percepatan Gravitasi	13
2.4.2 Percepatan Sentrifugal dan Percepatan Gaya Berat	13
2.4.3 Anomali Gaya Berat	14
2.4.4 Perubahan Distribusi Massa Bumi Gaya Berat Variabel-Waktu	17

2.5 Satelit GRACE	19
2.5.1 Misi dan Tujuan	19
2.5.2 Deskripsi Satelit	21
2.5.3 Sensor-sensor	22
2.5.4 Orbit Satelit	23
2.5.5 Data Satelit GRACE	24
2.5.5.1 Pemrosesan data dan distribusi	24
2.5.5.2 Produk GRACE	25
2.5.6 Data Level-3 GRACE Medan Gaya Berat Bulanan	28
2.6 GMT	30
2.6.1 Lingkungan GMT	31
2.6.2 Tools	32
2.7 Penelitian Terdahulu	33
2.7.1 Perubahan Rotasi Bumi dan Medan Gaya Berat Derajat Rendah akibat Gempa Bumi	33
2.7.2 Pengukuran Variabilitas Massa Sistem Bumi oleh GRACE..	33
2.7.3 Pengukuran Gaya Berat Variabel-Waktu Menunjukkan Penurunan Massa di Antartika	34
 BAB 3 METODE PENELITIAN	 37
3.1 Lokasi Penelitian	37
3.2 Data dan Peralatan	37
3.3 Metodologi Penelitian	38
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	 43
4.1 Model Perubahan Massa Bumi Sebelum dan Sesudah Gempa 7,7 Mw	43
4.2 Model Perubahan Massa Bumi terhadap Titik Kejadian gempa	45
4.3 Gempa 7,7 Mw 2006 (7,7 Mw	47
4.4 Analisa Perubahan Massa Terhadap Tipe Patahan Gempa	47
4.5 Analisa Perubahan <i>Equivalent Water Height</i> terhadap Curah Hujan .	48
4.6 Analisa Perubahan Massa di Episenter Gempa 7,7 Mw	53
4.7 Analisa Prakiraan Perubahan Kuantitas Perubahan Massa	55

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	63
BIOGRAFI PENULIS	99

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe-tipe patahan gempa tektonik	6
Gambar 2.2 Cincin Api Pasifik	8
Gambar 2.3 Zona kegempaan di seluruh bumi	8
Gambar 2.4 Peta Lempeng utama di Indonesia	9
Gambar 2.5 Peta kegempaan pada zona subduksi semenjak tahun 1994	10
Gambar 2.6 Jalur Sunda Megathrust	11
Gambar 2.7 Penampang fisiografi palung Jawa dan proses subduksinya	12
Gambar 2.8 Percepatan Sentrifugal pada suatu titik di permukaan bumi	14
Gambar 2.9 Satelit kembar GRACE	19
Gambar 2.10 Misi satelit kembar GRACE	21
Gambar 2.11 Satelit kembar GRACE dan perangkatnya	21
Gambar 2.12 Sensor-sensor yang terdapat pada satelit GRACE	22
Gambar 2.13 Aliran Data GRACE	24
Gambar 2.14 Alur Pemrosesan Level 1 data Level-1B GRACE	25
Gambar 2.15 Alur Pemrosesan Data Level-2 GRACE	26
Gambar 2.16 Medan gaya berat bulanan level-3 GRACE dalam format citra ..	28
Gambar 2.17 Lingkungan GMT	30
Gambar 2.18 Perubahan tinggi geoid pada tahun 2003 di Amerika Selatan	33
Gambar 2.19 Grafik solusi massa bulanan GRACE untuk es Antartika	34
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	39
Gambar 4.1 Model perubahan massa sebelum dan sesudah gempa	42
Gambar 4.2 Model perubahan massa bumi dengan titik kejadian gempa	44
Gambar 4.3 Thrust Fault	46
Gambar 4.4 Kondisi curah hujan di wilayah lokasi penelitian	47
Gambar 4.5 Grafik korelasi curah hujan terhadap EWH	49
Gambar 4.6 Grafik Time-series perubahan EWH di titik episenter Gempa 7,7	50

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bilangan elastis Love	18
Tabel 2.2 Karakteristik orbit satelit GRACE	23
Tabel 2.3 Daftar program plot untuk 1-D dan 2-D GMT	31
Tabel 3.1 Pembagian rentang waktu sebelum dan sesudah gempa 7,7 Mw	37
Tabel 4.1 Korelasi curah hujan terhadap nilai EWH	48
Tabel 4.2 Nilai perubahan EWH pada titik episenter gempa 7,7 Mw	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Bulanan Gaya Berat Level-3 GRACE Citra dan Grid	61
Lampiran 2. Data Distribusi Titik Kejadian Gempa	67
Lampiran 3. Data Curah Hujan	71

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Indonesia terletak di persimpangan lempeng Eurasia, Australia, Pasifik, dan Filipina, sehingga membuat topografinya kasar dan tidak rata, sering terjadi gempa bumi, dan vulkanisme (Bock, 2003). Di Indonesia telah terjadi banyak bencana gempa bumi dengan kekuatan besar pada awal tahun 2000an, antara lain Gempa Aceh 26 Desember 2004 dan Gempa Nias 28 Maret 2005 yang terjadi di kepulauan Sumatera, Gempa Jogja 27 Mei 2006 di kepulauan Jawa, diikuti dengan gempa di Jawa Barat dengan kekuatan ($7.7 M_w$) pada tanggal 7,7 Mw 2006.

Teorema dan Hukum Gauss menyatakan bahwa total massa menyebabkan suatu anomali gaya berat mungkin dapat dihitung dengan mengintegrasikan nilai anomali di seluruh permukaan termasuk semua anomalnya (Bowin, 2009). Distribusi massa yang tak terbatas dapat menghasilkan pola anomali gaya berat atau anomali geoid yang diobservasi di permukaan bumi (Tapley dkk, 2014). Anomali gaya berat telah digunakan sejak era Newton untuk memperkirakan bentuk bumi dan anomali massa dalam bumi. Medan gaya berat bumi merefleksikan komposisi dan struktur bumi, termasuk distribusi atmosfer dan massa air di atas maupun di bawah permukaan. Observasi variasi medan gaya berat mempunyai pengaruh penting dalam pemodelan variasi massa global dan perubahan temporal dari daratan, lautan, dan atmosfer.

GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*) merupakan satelit gravimetri hasil kerjasama *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) Amerika dan *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt* (DLR) Jerman. GRACE diluncurkan pada 17 Maret 2002 dan secara akurat dapat memetakan variasi gaya berat bumi. GRACE menyediakan prakiraan bulanan medan gaya berat bumi secara global pada skala ratusan kilometer dan lebih luas. Variasi waktu pada medan gaya berat dapat digunakan untuk menentukan perubahan distribusi massa bumi (Velicogna dan Wahr, 2005).

Suatu gempa dapat merubah densitas massa bumi yang dapat menyebabkan perubahan perubahan massa bumi dan medan gaya berat (Chao, 1987). Dengan melakukan analisa terhadap perubahan massa bumi sebelum dan sesudah gempa maka dapat diketahui pengaruh perubahan massa bumi akibat gempa tersebut.

Pada tanggal 17 Juli 2006 terjadi sebuah gempa pada waktu 08:19:28 UTC dengan episenter gempa terletak pada koordinat $107,39^{\circ}$ BT dan $9,26^{\circ}$ LS (Ammon dkk, 2006) di lepas pantai dekat palung zona subduksi Sunda, di bagian selatan Jawa Barat dengan magnitudo (7,7 Mw) yang diukur oleh USGS (Mori dkk, 2007). Gempa ini menimbulkan tsunami sepanjang pantai selatan Jawa dan menyebabkan banyak korban jiwa dan kerugian materi.

Dengan menggunakan data bulanan medan gaya berat GRACE, dapat dibuat pemodelan antara hubungan perubahan massa bumi terhadap gempa yang terjadi di wilayah lokasi penelitian.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “Bagaimana menganalisa perubahan massa bumi akibat Gempa Jawa Barat 17 Juli 2006 (7,7 Mw) menggunakan data satelit gaya berat GRACE?”

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Batasan wilayah untuk pemodelan perubahan massa bumi dalam penelitian ini yaitu wilayah Kepulauan Jawa dan zona subduksi di sebelah selatan Jawa Barat dengan batas geografis pada koordinat 6° LS - 11° LS dan 106° BT - 115° BT.
- b. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data grid medan gaya berat bulanan Level-3 GRACE dari CNES/GRGS dalam satuan *Equivalent Water Height*, data distribusi titik gempa dari USGS, dan Data curah hujan dari USGS, dengan rentang waktu penelitian pada tanggal 1 Juni – 31 Agustus tahun 2006.

- c. Analisa yang dilakukan adalah untuk melihat hubungan perubahan massa akibat Gempa 7,7 Mw dengan rentang waktu dan lokasi penelitian yang diamati.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendapatkan model perubahan massa bumi pada saat sebelum dan sesudah Gempa 7,7 Mw di wilayah lokasi penelitian.
- b. Menganalisa perubahan massa bumi yang diakibatkan oleh gempa pada saat sebelum dan sesudah Gempa 7,7 Mw di wilayah lokasi penelitian.
- c. Mengetahui apakah hasil pemodelan menggunakan data satelit GRACE dapat digunakan untuk mengamati perubahan massa bumi akibat gempa.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu agar mampu memberikan informasi tentang hubungan perubahan massa bumi terhadap gempa dengan menggunakan data satelit gaya berat GRACE.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

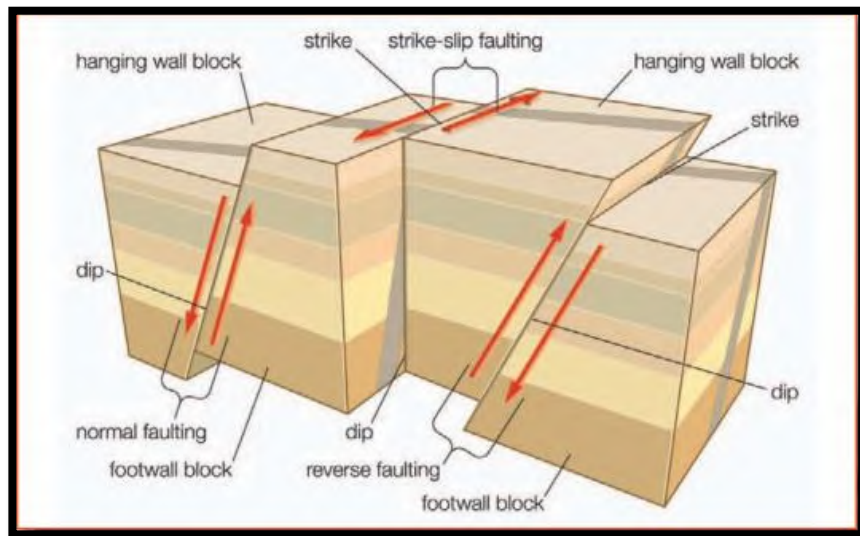
2.1 Gempa Bumi

Getaran atau guncangan permukaan bumi secara tiba-tiba yang timbul ketika massa batuan mengalami perubahan di bawah permukaan bumi disebut Gempa Bumi (Anderson, 2012). Pergeseran batuan melepaskan energi dalam jumlah yang besar, mentransfer gelombang getaran yang merambat melalui batuan dan menyebabkan guncangan di permukaan. Gelombang ini disebut gelombang seismik yang mana mungkin cukup kuat untuk merubah struktur permukaan bumi, pengangkatan tanah dan membuka celah besar pada permukaan.

Gempa sering muncul di sepanjang jalur patahan, yang mana merupakan celah pada batuan kerak Bumi. Sepanjang jalur patahan, massa batuan yang berada pada sisi yang berlawanan dari celah meregang antara satu terhadap lainnya dan kadang bergeser dan menyebabkan gempa. Patahan-patahan utama berlokasi pada pinggiran lempeng tektonik besar yang menyebabkan celah pada batas antara lempeng tersebut.

2.1.1 Penyebab Gempa

Sebagian besar gempa terburuk berkaitan dengan perubahan bentuk permukaan bumi, secara khusus kerak bumi. Gempa ini disebabkan oleh pelepasan energi cepat dari energi regangan yang disimpan di dalam batuan pada kerak. Gempa terkuat dan bersifat penghancur juga terkait dengan pecahnya kerak, yang disebut dengan patahan. Gaya regangan terbentuk hingga bergerak secara tiba-tiba di sepanjang jalur patahan, kemudian melepaskan energi. Lempeng-lempeng kemudian bergeser dan terdorong berlawanan arah sepanjang pecahan batuan, dan menguncang permukaan.



Gambar 2.1 Tipe-tipe patahan gempa tektonik (Anderson, 2012).

Karena adanya pergerakan tektonik, tegangan pada sesar terbentuk pada patahan yang terkunci hingga tercapai batas gaya tegangan sehingga menyebabkan gempa bumi dan gaya tegangannya terlepas (Turcotte dan Schubert, 1982).

2.1.2 Tipe Patahan

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1, tipe-tipe patahan menurut USGS (2016) secara umum dijelaskan sebagai berikut.

a. *Normal Fault*

Patahan *Normal Fault* pada umumnya mempunyai kemiringan hampir vertikal. Batuan yang berada di bagian atas dari patahan (*Hanging Wall*) akan mendorong ke bawah, dan sebaliknya, batuan yang berada di bagian bawah patahan (*Foot Wall*) mendorong ke atas. Terjadinya patahan ini dapat diketahui dengan melihat dua lempengan yang saling menjauh.

b. *Reverse Fault*

Patahan *Reverse Fault* juga memiliki kemiringan hampir vertikal, namun pada patahan ini, batuan yang berada di atas patahan mendorong ke atas, dan sebaliknya, batuan yang berada di bawah patahan mendorong ke bawah. Pergerakan yang demikian menyebabkan kedua batuan tersebut saling menekan. Karena itu, patahan jenis ini dapat diidentifikasi, dengan cara melihat dua lempengan yang saling mendekat.

c. *Thrust Fault*

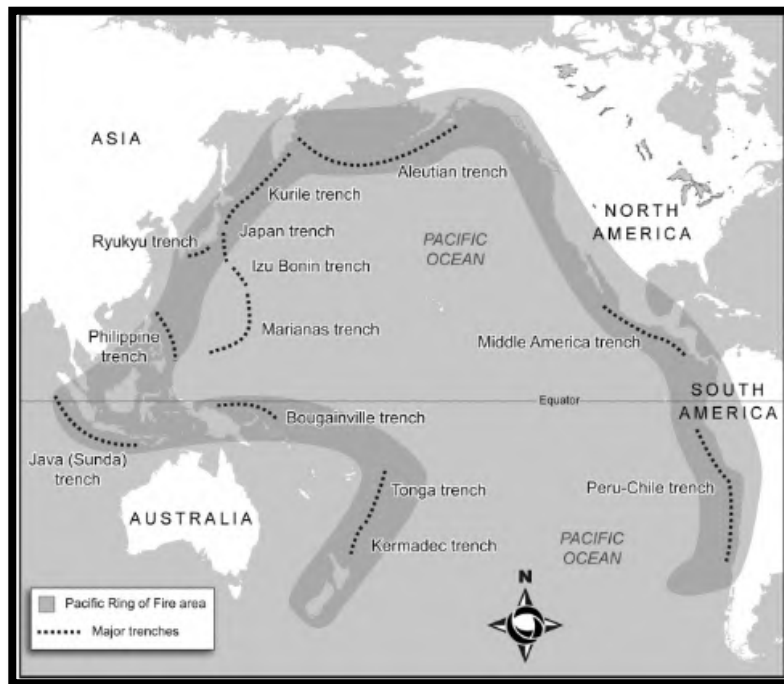
Pada *Thrust Fault*, patahan yang terjadi sama dengan patahan *Reverse Fault*. Namun, perbedaannya adalah patahan ini akan membentuk sudut yang lebih horizontal. Pada umumnya, kemiringan patahan dapat mencapai lebih dari 45°. Apabila patahan ini mengalami pergeseran, maka batuan yang berada di atas bidang patahan bisa bergeser dan akhirnya berada benar-benar di atas dari lempengan yang berada di bawah bidang patahan.

d. *Strike-Slip Fault*

Pada *Strike-Slip Fault*, batuan bergerak ke arah horizontal, dengan arah yang saling berlawanan. Karena itu, apabila patahan ini terjadi, kedua lempengan akan saling menyinggung/bergesekan. Patahan ini dapat diidentifikasi dengan melihat lempengan yang saling bergeser ke arah samping, atau *Transform Zone*.

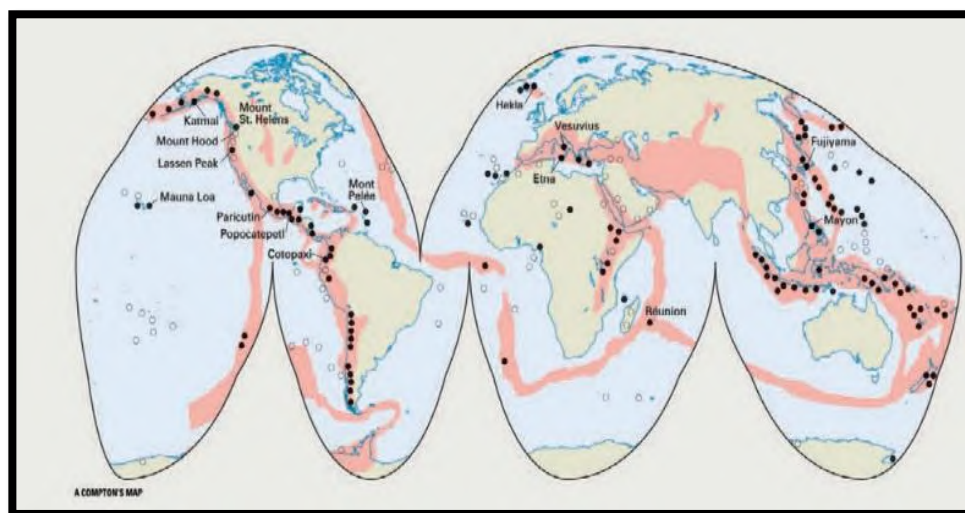
2.1.3 Kejadian Gempa

Sebagian besar gempa terjadi di satu atau dua sabuk gempa besar yang mengelilingi bumi. Sabuk tersebut bertepatan dengan jalur gunung yang terbentuk dengan aktivitas vulkanik. Salah satunya adalah sabuk lingkaran Samudera Pasifik di sepanjang pegunungan pantai utara dan selatan Amerika dan melewati area kepulauan Asia. Diperkirakan sekitar 80 persen energi yang terlepas dan menyebabkan gempa datang dari sabuk ini, yang mana disebut dengan sabuk Sirkum-Pasifik atau Cincin Api atau *Ring of Fire* (Anderson, 2012).



Gambar 2.2 Cincin Api Pasifik (Hinga, 2015)

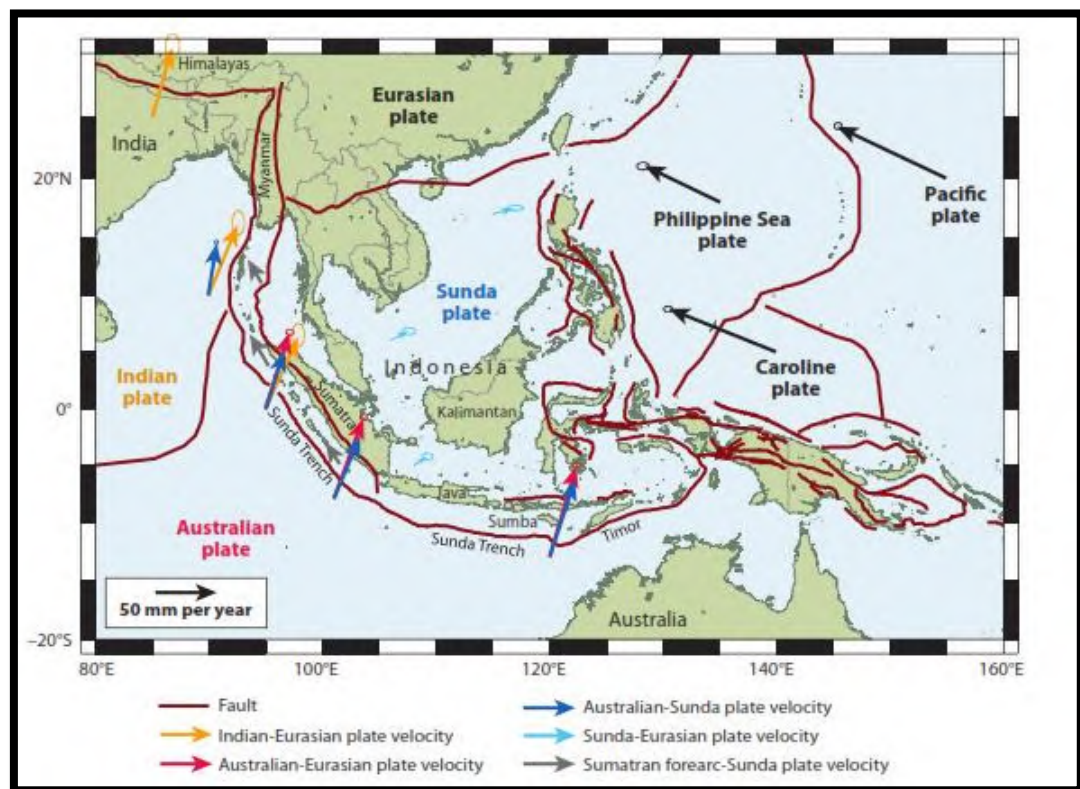
Sabuk kedua yang kurang aktif, melewati antara Eropa dan Afrika Utara melalui wilayah Mediteranian. Kemudian berlanjut ke sebelah timur Asia dan bergabung dengan Cincin Api di timur India. Jumlah energi yang dilepaskan dari sabuk ini sekitar 15 persen dari energi total di bumi (Anderson, 2012).



Gambar 2.3 Zona kegempaan di seluruh bumi, ditandai dengan garis merah. Titik hitam menunjukan gunung api aktif dan titik terbuka zona mati (Anderson, 2012).

2.2 Aktivitas Seismotektonik di Indonesia

Kegempaan di wilayah Indonesia merupakan konsekuensi dari aktivitas empat lempeng utama yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, Pasifik dan lempeng Phillipina. Lempeng Indo-Australia yang relatif bergerak ke utara bertemu dengan lempeng Eurasia yang relatif diam dan diperkirakan kecepatan pergerakannya sekitar 6,5 cm/tahun di Jawa (Rohadi, 2009). Wilayah pertemuan antara lempeng samudera Indo-Australia dan lempeng benua Eurasia inilah yang disebut dengan *zona subduksi*. Zona subduksi ini terbentuk oleh menunjамnya lempeng samudera terhadap lempeng benua akibat adanya perbedaan massa jenis antara kedua lempeng tersebut.

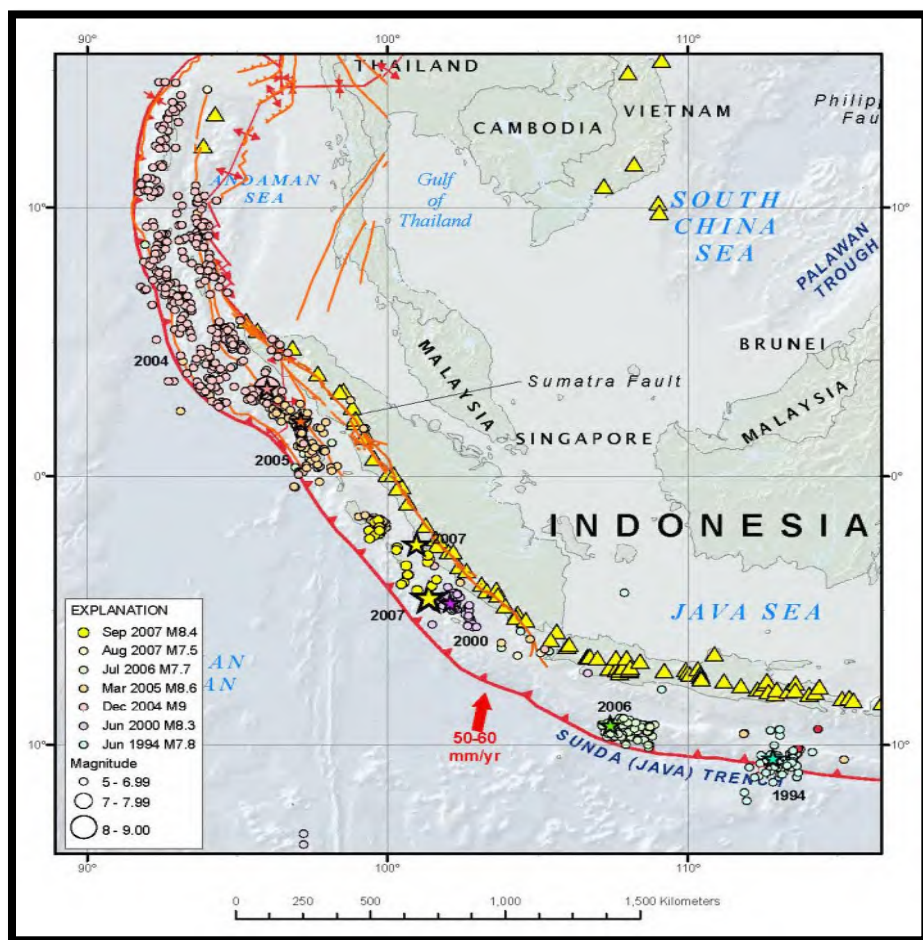


Gambar 2.4 Peta Lempeng utama yang berperan dalam aktivitas kegempaan di Indonesia, yaitu Lempeng Eurasia, Australia, Pasifik dan Lempeng Filipina (McCaffrey, 2009). Vektor menunjukan kecepatan tiap lempeng.

Akibat pergerakan relatif lempeng-lempeng ini mengakibatkan terjadinya gempa bumi di daerah zona subduksi dan sekitarnya. Pergerakan lempeng-lempeng

ini juga menyebabkan munculnya sesar regional dan sesar lokal yang nantinya menjadi sumber gempa.

Gambar 2.5 menunjukkan lokasi episenter gempa yang tercatat dengan magnitude lebih dari 5 M_w selama lebih dari satu dekade sejak tahun 1994 yang terletak di sepanjang zona subduksi di wilayah Sumatera dan Jawa. Wilayah Sebelah barat Sumatera dan Sebelah selatan Jawa merupakan wilayah yang dilalui jalur subduksi sehingga membuat wilayah ini sangat rawan terjadi aktivitas seismik.

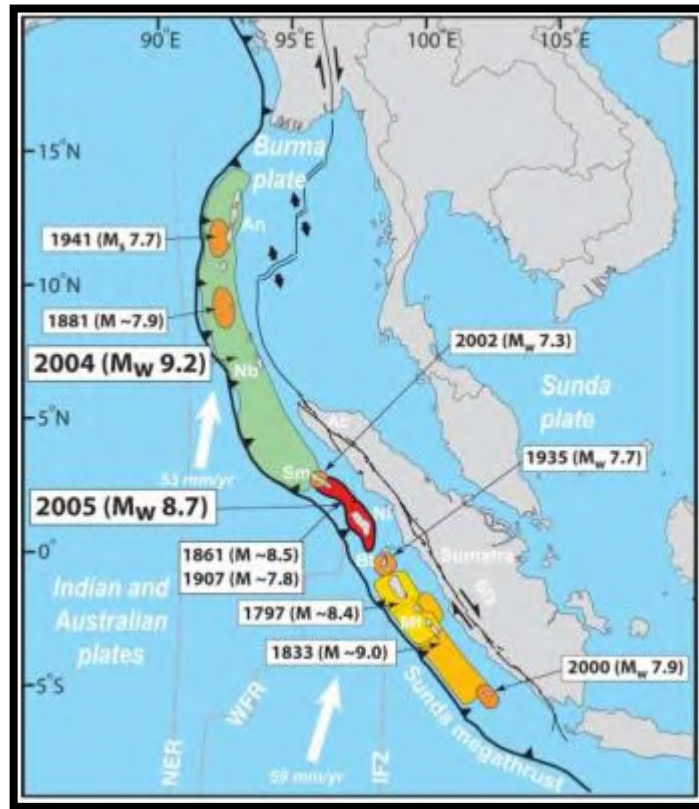


Gambar 2.5 Peta kegempaan di zona subduksi sejak tahun 1994. Bintang dan Lingkaran menunjukkan lokasi titik gempa, segitiga kuning menunjukkan pusat gunung api, garis oranye menunjukkan lokasi patahan utama, garis merah merupakan batas antar lempeng (Petersen dkk, 2007)

2.3 Zona Subduksi Selatan Jawa

Zona subduksi di sebelah selatan Jawa berada pada jalur zona subduksi hasil tumbukan Lempeng Australia dan Lempeng Eurasia yang membentang

sepanjang ± 5500 km mulai dari Myanmar melewati pulau Sumatera, Jawa dan menuju Australia (Hamilton, 1979). Jalur zona subduksi ini disebut *Sunda Megathrust* (Gambar 2.6).

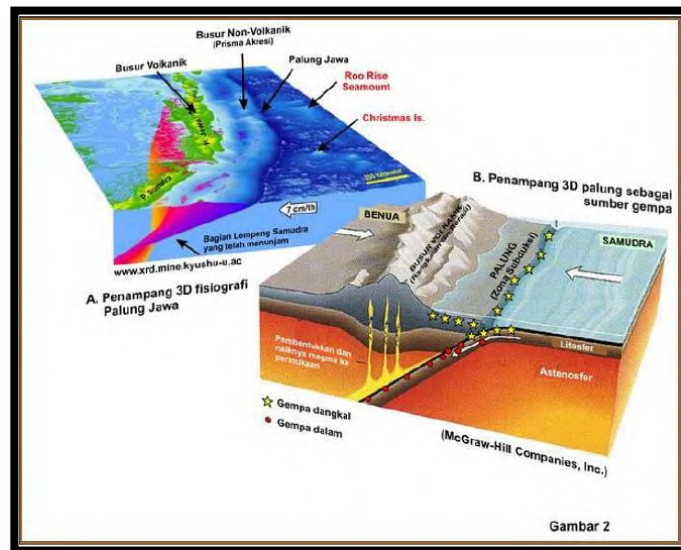


Gambar 2.6 Jalur *Sunda Megathrust* dan beberapa gempa besar yang terjadi sebelumnya (Briggs dkk, 2005).

Tumbukan kedua lempeng Eurasia dan Australia membentuk Palung Jawa. Jalur Palung Jawa ini membentang dari Aceh hingga Flores mendorong Lempeng Eurasia dengan kecepatan berbeda. Minster & Jordan (1978) memperkirakan kecepatannya 6 cm/tahun dekat ujung utara Sumatera sampai 7,8 cm/tahun di dekat pulau Sumba.

Selain dorongannya, arah penunjamanpun bervariasi. Yang paling mencolok adalah daerah yang dipisahkan oleh Selat Sunda. Arah tunjaman yang hampir tegak lurus di bagian pulau Jawa ke arah timur menghasilkan ragam penunjaman lempeng yang lebih sederhana dibandingkan dengan di bagian Sumatera. Hal tersebut berimplikasi pada letak kedalaman aktivitas gempa. Di

sebelah barat selat Sunda, aktivitas gempa umumnya tidak melebihi kedalaman 200 km sedangkan di sebelah timur selat Sunda aktivitas gempa terletak pada kedalaman 350-500 km (Katili, 1975).



Gambar 2.7 Penampang fisiografi palung Jawa dan proses subduksinya (Rovicky, 2006).

Aktivitas tektonik yang terjadi di zona subduksi ini akan senantiasa menimbulkan gempa. Perpindahan massa yang diakibatkan oleh terjadinya pergerakan lempeng akan memicu terjadinya perubahan bumi secara fisik di wilayah tersebut, diantaranya adalah perubahan potensial massa, potensial gaya berat, dan sebagainya.

2.4 Massa dan Medan Gaya Berat Bumi

Gaya yang dikerahkan pada suatu elemen massa di permukaan bumi mempunyai dua komponen utama. Yang pertama yaitu, terkait dengan gaya tarik gravitasi pada massa dalam bumi dan yang kedua, terkait dengan rotasi bumi. Gaya berat mengacu pada kombinasi efek gravitasi dan rotasi. Jika bumi berbentuk bulat simetris dan tak berotasi, maka percepatan gravitasi konstan di seluruh permukaan bumi. Bagaimanapun, karena rotasi bumi, topografi dan variasi densitas, maka percepatan gaya berat bervariasi di tiap lokasi pada permukaan, atau yang disebut dengan anomali gaya berat (Turcotte dan Schubert, 1982).

Massa batuan terkait dengan topografi mengarah pada anomali gaya berat permukaan. Sebagaimana, topografi dengan densitas massa yang besar menghasilkan suatu anomali gaya berat dengan nilai positif, sedangkan topografi dengan densitas massa yang rendah menghasilkan nilai anomali gaya berat negatif (Turcotte dan Schubert, 1982).

2.4.1 Percepatan Gravitasi

Gaya gravitasi yang diberikan terhadap suatu massa yang berlokasi pada suatu titik di luar bumi, diberikan oleh persamaan Hukum Gravitasi Newton (Turcotte dan Schubert, 1982).

$$g_m = \frac{GM}{r^2} \quad (2.1)$$

Dengan g_m merupakan percepatan gravitasi, konstanta gravitasi universal (G), massa bumi M dan jarak dari massa di luar bumi (r). Percepatan gravitasi dari suatu distribusi massa bulat simetris pada suatu titik diluar massa, identik dengan percepatan yang didapatkan dengan memusatkan semua massa pada pusat distribusinya. Meskipun terdapat variasi densitas pada sisi belahan bumi dan bentuk bumi terdistorsi oleh rotasi, arah percepatan gravitasi secara radial menuju pusat massa bumi.

2.4.2 Percepatan Sentrifugal dan Percepatan Gaya Berat

Gaya pada suatu massa di permukaan bumi yang berkaitan dengan rotasi bumi dengan kecepatan sudut ω merupakan percepatan sentrifugal g_ω (Turcotte dan Schubert, 1982) diberikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$g_\omega = \omega^2 s \quad (2.2)$$

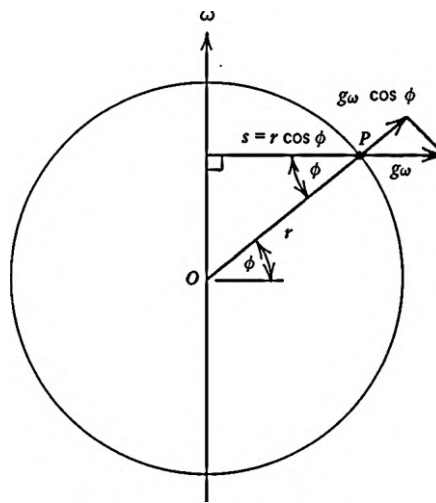
Dimana s merupakan jarak tegak lurus dari titik massa di permukaan P terhadap sumbu rotasi. Kemudian, jika r merupakan jarak radial dari titik P terhadap pusat bumi dan ϕ adalah lintang dari titik P (Gambar 2.8), maka:

$$s = r \cos \phi \quad (2.3)$$

Sehingga,

$$g_{\omega} = \omega^2 r \cos \phi \quad (2.4)$$

Dengan nilai kecepatan sudut bumi adalah $\omega = 7,292115 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$.



Gambar 2.8 Percepatan Sentrifugal pada suatu titik di permukaan bumi (Turcotte dan Schubert, 1982).

Penggabungan dari percepatan gravitasi dan percepatan sentrifugal dari suatu massa di permukaan bumi di merupakan percepatan gaya berat.

2.4.3 Anomali Gaya Berat

Anomali gaya berat merupakan selisih dari nilai gaya berat pada referensi geoid dengan nilai gaya berat pada referensi ellipsoid. Nilai gaya berat yang diukur pada referensi geoid mengurangi nilai gaya berat normal pada referensi ellipsoid.

Perbedaan kecil antara potensial aktual gaya berat (W) dan potensial normal gaya berat (U) disebut dengan *potensial anomali atau gangguan gaya berat* (T), Heiskanen dan Moritz (1967):

$$W(x, y, z) = U(x, y, z) + T(x, y, z) \quad (2.5)$$

Keterangan,

$W(x, y, z)$ = merupakan potensial pada referensi geoid.

$U(x, y, z)$ = merupakan potensial pada referensi ellipsoid.

Dengan membandingkan kedua referensi pada potensial yang sama, maka anomali gaya berat dapat dituliskan dalam persamaan:

$$\Delta g = g_P - \gamma_Q \quad (2.6)$$

Dimana,

Δg = Anomali gaya berat

g_P = Nilai gaya berat pada referensi geoid

γ_Q = Nilai gaya berat pada referensi ellipsoid

Adapun gangguan gaya berat (*gravity disturbance*) yang secara konsep merupakan bentuk sederhana dari anomali gaya berat (*gravity anomaly*). Gangguan gaya berat ditulis dalam persamaan (Heiskanen dan Moritz, 1967):

$$\delta_g = g_P - \gamma_P \quad (2.7)$$

Dengan menggunakan *Persamaan Bruns* dimana:

$$N = \frac{T}{\gamma} \quad (2.8)$$

Kemudian dengan menganggap gangguan gaya berat, sejak:

$$g = \text{grad } W, \quad (2.9a)$$

$$\gamma = \text{grad } U, \quad (2.9b)$$

Maka, gangguan gaya berat menjadi:

$$\delta = \text{grad } (W - U) = \text{grad } T = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (2.10)$$

Kemudian,

$$g = -\frac{\partial W}{\partial n}, \gamma = -\frac{\partial U}{\partial n} \quad (2.11)$$

Oleh karena itu,

$$\delta_g = g_P - \gamma_P = -\left(\frac{\partial W}{\partial n} - \frac{\partial U}{\partial n} \right) \quad (2.12)$$

Atau,

$$\delta_g = -\frac{\partial T}{\partial n} \quad (2.13)$$

Karena elevasi h tergabung sepanjang garis normal n , maka,

$$\delta_g = -\frac{\partial T}{\partial h} \quad (2.14)$$

Dengan membandingkan (2.9) dengan (2.6), dapat dilihat bahwa gangguan gaya berat δ_g , disamping berbeda dengan magnitudo aktual gaya berat dan vektor gaya berat normal, juga merupakan komponen normal vektor gangguan gaya berat δ .

Sejak,

$$\gamma_P = \gamma_Q + \frac{\partial \gamma}{\partial h} N, \quad (2.15)$$

Maka,

$$-\frac{\partial T}{\partial h} = \delta_g = g_P - \gamma_P - \frac{\partial \gamma}{\partial h} N \quad (2.16)$$

Sehingga dengan mensubstitusikan persamaan (2.2) dan menggunakan persamaan Bruns (2.4) maka anomali gaya berat Δg dapat dituliskan dalam persamaan berikut.

$$\Delta g = -\frac{\partial T}{\partial h} + \frac{\partial \gamma}{\partial h} N \quad (2.17a)$$

Atau

$$\Delta g = -\frac{\partial T}{\partial h} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial \gamma}{\partial h} T \quad (2.17b)$$

2.4.4 Perubahan Massa Bumi dari Gaya Berat Variabel-Waktu

Perubahan massa bumi dari gaya berat variabel-waktu dikutip dari Anjasmara (2008) sebagai berikut.

Perubahan massa bumi dihasilkan oleh perubahan gaya berat secara temporal. Perubahan densitas massa permukaan, $\Delta\sigma(\phi, \lambda)$ berkaitan dengan perubahan gaya berat dalam *spherical harmonic coefficients*, ΔC_{lm} dan ΔS_{lm} . Dengan asumsi bahwa perubahan densitas, $\Delta\rho(r, \phi, \lambda)$ terkonsentrasi pada sebuah lapisan tipis. Maka, densitas massa permukaan diberikan dalam persamaan.

$$\Delta\sigma(\phi, \lambda) = \int_{\text{lapisan tipis}} \Delta\rho(r, \phi, \lambda) dr \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta C_{lm}}{\Delta S_{lm}} &= \frac{3}{4\pi a \rho_{ave}(2l+1)} \int \Delta\rho(r, \phi, \lambda) \bar{P}_{lm}(\cos \phi) \times \\ &\left(\frac{r}{a}\right)^{l+2} \begin{Bmatrix} \cos(m\lambda) \\ \sin(m\lambda) \end{Bmatrix} \sin \phi d\phi d\lambda dr \end{aligned} \quad (2.19)$$

Dengan ρ_{ave} merupakan densitas rata-rata bumi ($= 5517 \text{ kg/m}^3$).

Kontribusi gaya tarik langsung dari perubahan massa permukaan dan deformasi elastis bumi padat yang berkaitan dengan perubahan muatan massa permukaan, maka total perubahan pada potensial gaya tarik bumi diekspresikan oleh jumlah koefisien spherical harmonik yang berhubungan.

$$\left\{ \begin{matrix} \Delta C_{lm} \\ \Delta S_{lm} \end{matrix} \right\}_{\text{permukaan}}^{\text{massa}} = \frac{3}{4\pi a \rho_{ave}(2l+1)} \int \Delta\sigma(\phi, \lambda) \times \bar{P}_{lm}(\cos \phi) \left\{ \begin{matrix} \cos(m\lambda) \\ \sin(m\lambda) \end{matrix} \right\} \sin \phi d\phi d\lambda \quad (2.20)$$

$$\left\{ \begin{matrix} \Delta C_{lm} \\ \Delta S_{lm} \end{matrix} \right\}_{\text{bumi padat}} = \frac{3k_l}{4\pi a \rho_{ave}(2l+1)} \int \Delta\sigma(\phi, \lambda) \times \bar{P}_{lm}(\cos \phi) \left\{ \begin{matrix} \cos(m\lambda) \\ \sin(m\lambda) \end{matrix} \right\} \sin \phi d\phi d\lambda \quad (2.21)$$

Dengan bilangan love k_l merepresentasikan respons elastis bumi yang berkaitan dengan perubahan muatan permukaan, dimana $l = 1$ mengasumsikan bahwa sistem koordinat asal merupakan pusat bentuk bumi padat. Dengan bilangan Love diberikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bilangan elastis Love

l	k_l
0	+0,000
1	+0,027
2	-0,303
3	-0,194
4	-0,132
5	-0,104
6	-0,089
7	-0,081
8	-0,076
9	-0,072
10	-0,069
12	-0,064
15	-0,058
20	-0,051
30	-0,040
40	-0,033
50	-0,027
70	-0,020
100	-0,014
150	-0,010
200	-0,007

(Wahr dkk, 1998)

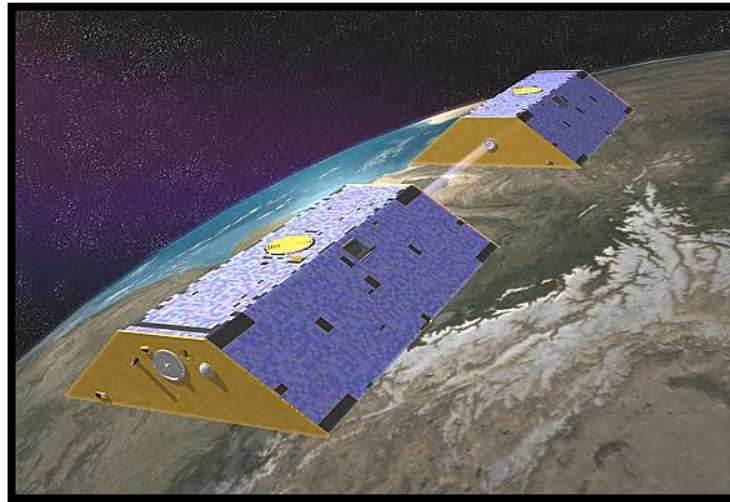
Secara singkat, perubahan densitas massa permukaan sebagai hasil dari *Time-variable Gravity* diberikan dalam persamaan,

$$\Delta\sigma(\phi, \lambda) = a\rho_w \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \bar{P}_{lm}(\cos \phi) (\Delta C_{lm} \cos(m\lambda) + \Delta S_{lm} \sin(m\lambda)) \quad (2.22)$$

Dengan ($\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$) merupakan densitas air murni.

2.5 Satelit GRACE

The *Gravity Recovery and Climate Experiment* (GRACE) adalah satelit misi kemitraan bersama antara *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) di Amerika Serikat dan *Deutsches Zentrum Für Luft und Raumfahrt* (DLR) di Jerman yang secara akurat dapat memetakan variasi medan gaya berat bumi selama lebih dari 5 tahun masa hidupnya. Satelit kembar GRACE diluncurkan pada 17 Maret 2002 (Case dkk, 2010).



Gambar 2.9 Satelit kembar GRACE (Spero, 2012)

2.5.1 Misi dan Tujuan

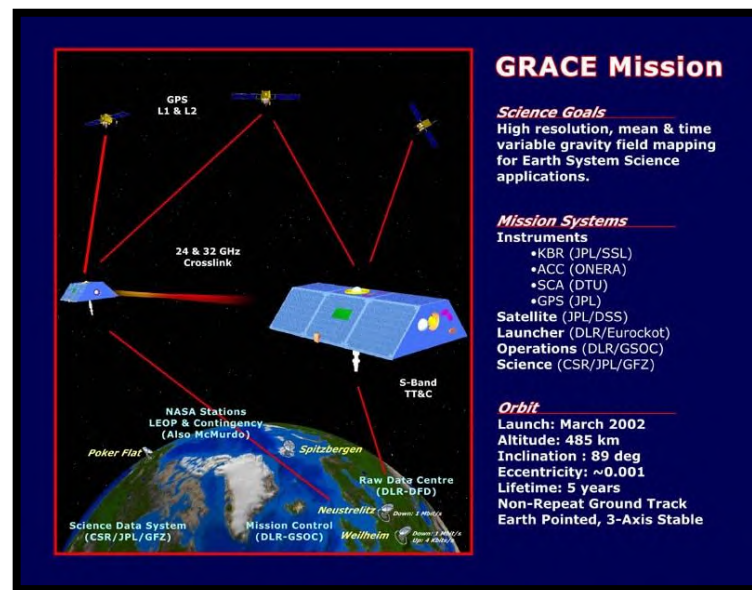
Tujuan utama dari misi GRACE adalah untuk mendapatkan perkiraan akurat dari komponen rata-rata dan variabel-waktu dari variasi medan gaya berat bumi untuk jangka waktu lima tahun. Tujuan ini dicapai dengan membuat pengukuran perubahan jarak antara pesawat kembar secara terus-menerus, yang mengorbit di ketinggian $\approx 500 \text{ km}$, pada orbit ekuator dan kutub, dan terpisah sejauh $\approx 220 \text{ km}$, dengan menggunakan sistem *microwave ranging*. Selain itu, setiap satelit akan membawa penerima *Global Position System* (GPS) dan *accelerometers*

akurasi tinggi untuk memungkinkan penentuan orbit yang akurat, registrasi spasial data gaya berat dan estimasi model medan gaya berat (Bettadpur, 2012).

Variasi spasial dan temporal pada medan gaya berat bumi mempengaruhi orbit dari pesawat ruang angkasa kembar secara berbeda. Perbedaan ini dinyatakan sebagai perubahan jarak antara pesawat ruang angkasa, karena keduanya mengorbit Bumi. Perubahan jarak terlihat pada waktu-perambatan dari sinyal gelombang mikro yang dikirim dan diterima hampir secara bersamaan antara dua pesawat kembar. Perubahan aktual pada jarak penerbangan terus diukur dengan melacak fase dari sinyal pembawa sensor gelombang mikro, sehingga pengukuran perubahan jarak dual-satu-arah dapat direkonstruksi dari pengukuran fase ini. Perubahan rentang (atau secara numerik terdiferensial), bersama dengan misi lain serta data pendukung, kemudian dianalisis untuk mengekstrak parameter dari model medan gaya berat Bumi.

Dalam ilmu oseanografi tentang geoid statis, terkait dengan data satelit altimetri, memungkinkan kemajuan signifikan dalam penelitian panas fluks laut, perubahan permukaan laut jangka panjang, kandungan panas permukaan samudera, dan arus geostropik mutlak permukaan. Kemudian, dengan perkiraan variasi waktu pada medan gravitasi yang diperoleh dari GRACE, dalam hubungannya dengan data in-situ lain dan model geofisika, akan membantu peneliti mengungkap proses yang kompleks dalam oseanografi (misalnya perubahan arus laut dalam dan kenaikan permukaan laut), hidrologi (misalnya skala besar evapo-transpirasi dan perubahan kelembaban tanah), glasiologi (misalnya perubahan lapisan es kutub dan Greenland), dan Ilmu Bumi-Solid.

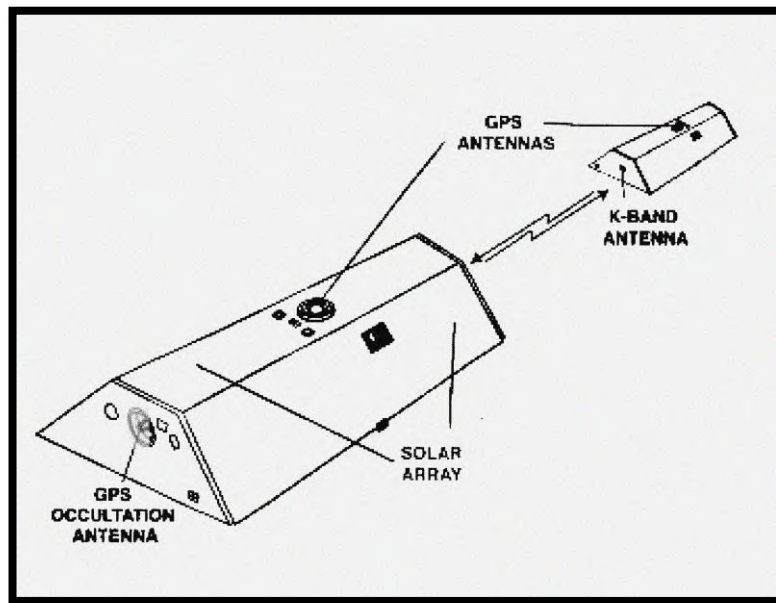
Tujuan lain misi GRACE adalah untuk memungkinkan kemajuan dalam ilmu atmosfer oleh pemulihan refraktivitas (kuantitas profil suhu dan uap air) dan struktur ionosfer yang baik dari penggunaan data radio GPS.



Gambar 2.10 Misi, Tujuan, Sistem, dan Orbit satelit kembar GRACE (UTCSR, 2012)

2.5.2 Deskripsi Satelit

Dua satelit GRACE adalah identik, kecuali untuk frekuensi radio S-band digunakan untuk komunikasi dengan permukaan, dan frekuensi K-band digunakan untuk link antar-satelit. Kedua satelit yang mampu terbang baik dalam posisi memimpin atau membelakangi, maju atau mundur ke dalam atmosfer. Massa gabungan dari dua satelit kurang dari 950 kg. Pesawat ruang angkasa ini dirancang sebagai badan prismatik dengan panel samping pada sudut 50°. Panel dirancang untuk mendukung ketentuan penyelarasan dan stabilitas.



Gambar 2.11 Satelit kembar GRACE dan perangkatnya (Case dkk, 2010)

2.5.3 Sensor-sensor Satelit

Tujuan misi yang dilakukan dengan menggunakan instrumen-instrumen berikut.

a. SuperSTAR Accelerometer (ACC)

Accelerometer, yang terletak di pusat massa dari setiap satelit, mengukur semua kekuatan non-gravitasi yang bekerja pada setiap satelit. Gaya ini termasuk hambatan udara, tekanan radiasi matahari, dan operasi sikap kontrol penggerak.

b. Global Positioning System Receiver Assembly (GPS)

Kumpulan GPS Receiver menyediakan data navigasi dan pengukuran atmosfer kegerhanaan.

c. Star Camera Assembly (SCA)

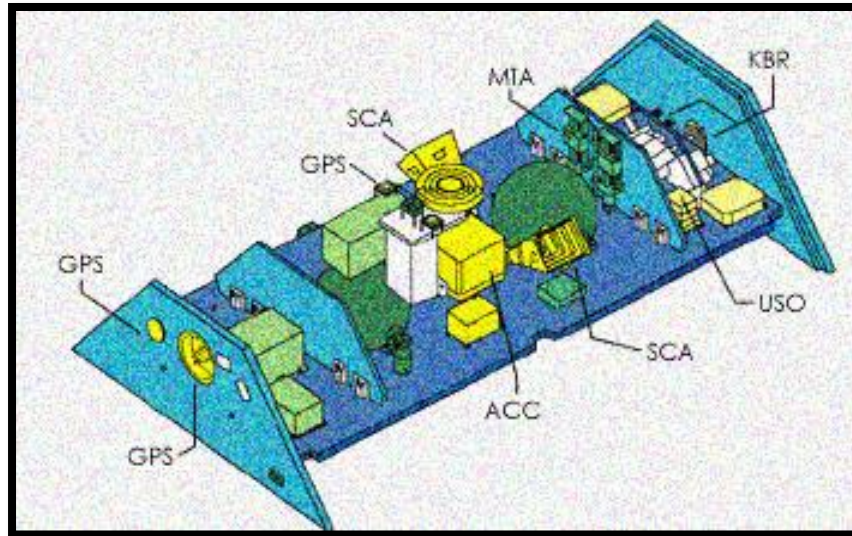
Kamera dua bintang yang dipasang dekat dengan accelerometer pada setiap satelit memberikan referensi sikap yang tepat untuk satelit ketika melakukan pengukuran ilmiah.

d. K-Band Ranging System (KBR)

Instrumen ini tepatnya mengukur perubahan pemisahan antara dua Satelit GRACE menggunakan pelacakan fase sinyal band K- dan Ka- yang dikirim antara dua satelit.

e. Laser Retro Reflector (LRR)

The LRR di papan setiap satelit menyediakan kalibrasi eksternal onboard gelombang mikro sistem penentuan orbit (GPS). Data *laser-ranging* dapat digunakan untuk mendukung penentuan orbit yang tepat sehubungan dengan data GPS untuk pemulihan medan gravitasi.



Gambar 2.12 Sensor-sensor yang terdapat pada satelit GRACE (UTCSR, 2012)

2.5.4 Orbit Satelit

Satelit kembar GRACE terbang pada orbit polar dengan ketinggian 500 km menurun ke 300 km mendekat hingga misi berakhir. Kolom *End-of-Mission* (EOM) pada tabel 2.2 menunjukkan kondisi yang diinginkan setelah lima tahun.

Tabel 2.2 Karakteristik orbit satelit GRACE

Parameter Orbit	Nilai awal	Toleransi	<i>End-of-Mission</i> (EOM)
Sumbu Semi-Mayor	6878 km (ketinggian 500 km)	± 10 km	6678 km (ketinggian 300 km)
Eksentrisitas	$< 0,005$	N/A	$< 0,005$
Inklinasi	89°	$\pm 0,05^\circ$	89°

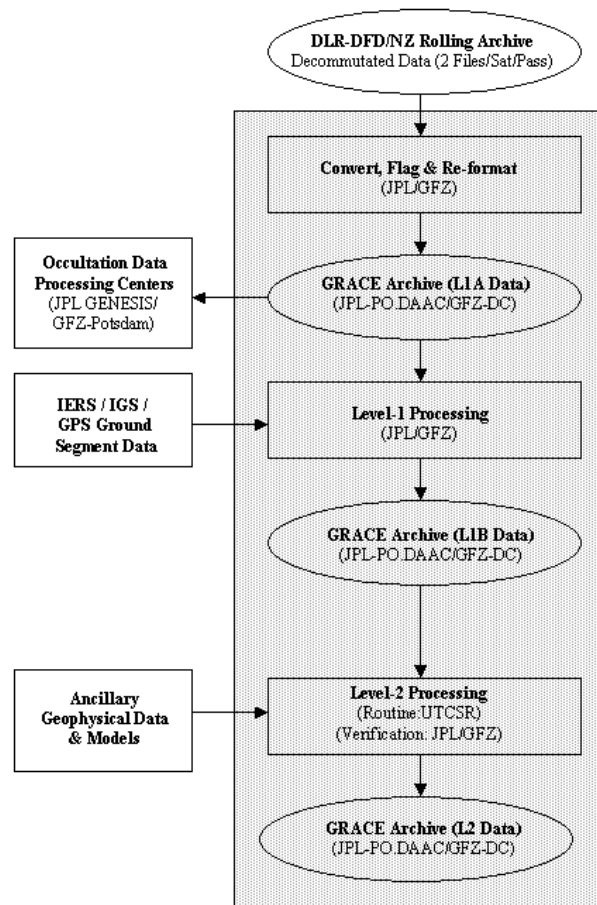
(Case dkk, 2010)

Selama masa hidup misinya, dua satelit akan tetap berada di orbitnya. Karena perbedaan gaya tarik, pemisahan di sepanjang jalur akan bervariasi. Manuver stasiun-penjaga akan dilakukan setiap 30 sampai 60 hari, yang diperlukan, untuk menjaga dua satelit pada pemisahan nominalnya dari $220 \text{ km} \pm 50 \text{ km}$. Untuk memastikan keseragaman paparan dan penuaan dari antena K-Band di dua satelit, sesekali selama misi, satelit depan dan belakang akan bertukar posisi. Ketinggian dari dua satelit akan berkurang, mulai dari 500 km pada awal misi, sampai 300 km dan lebih rendah pada akhir misi. Supaya untuk memastikan seumur hidup keseluruhan misi lima tahun, ketinggian dari dua satelit dapat kembali di *re-boosted* sesekali, jika dianggap perlu.

2.5.5 Data Satelit GRACE

2.5.5.1 Pemrosesan data dan distribusi

SDS (*Science Data System*) merupakan suatu sistem data terdistribusi. Pengembangan sistem, pemrosesan data, dan pengarsipan data dibagikan antara JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), dan UTCSR (*University of Texas, Center for Space Research*), dan GFZ (*GeoForschungsZentrum*). Fungsi dari SDS termasuk pemrosesan, pengarsipan, distribusi, dan verifikasi produk. SDS juga menerima, memproses, dan mengarsipkan data penyokong (seperti data meteorologi) yang dibutuhkan untuk pemrosesan dan verifikasi data.



Gambar 2.13 Aliran Data GRACE (Case dkk, 2010).

2.5.5.2 Produk GRACE

Beberapa produk GRACE antara lain sebagai berikut (Case dkk, 2010):

a. Produk Level-0

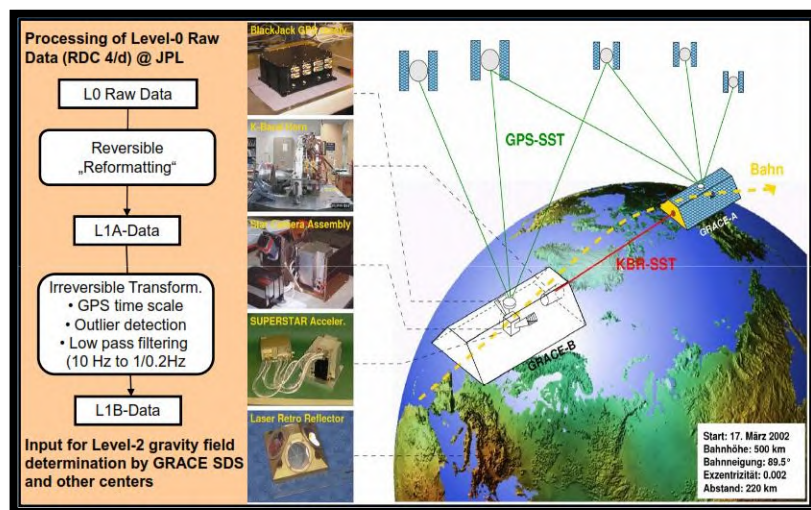
Produk data Level-0 merupakan hasil dari penerimaan data telemetri, koleksi, dan dekomutasi oleh RDC (*Raw Data Center*) di DLR, *Neustrelitz*. Data telemetri dari masing-masing jalur *downlink* terpisah menjadi *Science Instrument* dan aliran data *Spacecraft Housekeeping*, dan ditempatkan pada sebuah gulungan arsip di RDC. Dari masing-masing satelit, sebagai hasil, kedua file dari masing-masing jalur tersedia pada gulungan arsip. Kedua data ini merupakan data Level-0.

b. Produk Level-1A

Data Level-1A merupakan hasil dari pemrosesan *non-destructive* yang diaplikasikan pada data Level-0. Faktor-faktor kalibrasi sensor diaplikasikan untuk mengubah pengukuran pengkodean biner menjadi unit teknik. *Ketika* diperlukan, ketidakpastian kecocokan bilangan detik dapat terselesaikan dan data dicocokkan pada jam waktu penerima masing-masing satelit. Pengeditan dan pengontrolan kualitas ditambahkan, dan data diformat ulang untuk keperluan pemrosesan selanjutnya. Data Level-1A bersifat *reversible* terhadap data Level-0, kecuali untuk paket data yang buruk. Data level ini juga termasuk produk data penyokong yang dibutuhkan untuk pemrosesan data level selanjutnya.

c. Produk Level-1B

Data Level-1B diturunkan dari (yang kemungkinan bersifat *irreversible*) pemrosesan yang diterapkan pada kedua data Level-0 dan Level-1A. Data secara benar telah dicocokkan waktunya, dan angka sampel data telah menurun dari angka yang tinggi pada data level sebelumnya. Bersamaan, pemrosesan dari Level-0 menjadi Level-1B disebut dengan Pemrosesan Level 1 (Gambar 2.14). Level ini juga termasuk produk data penyokong yang dihasilkan selama proses ini, dan data tambahan yang diperlukan untuk pemrosesan lebih lanjut. Data Level-1B akan disediakan bersama dengan pengiriman medan gaya berat bulanan untuk peneliti.



Gambar 2.14 Alur Pemrosesan Level 1 data Level-1B GRACE (Flechtner, 2011).

d. Produk Level 2

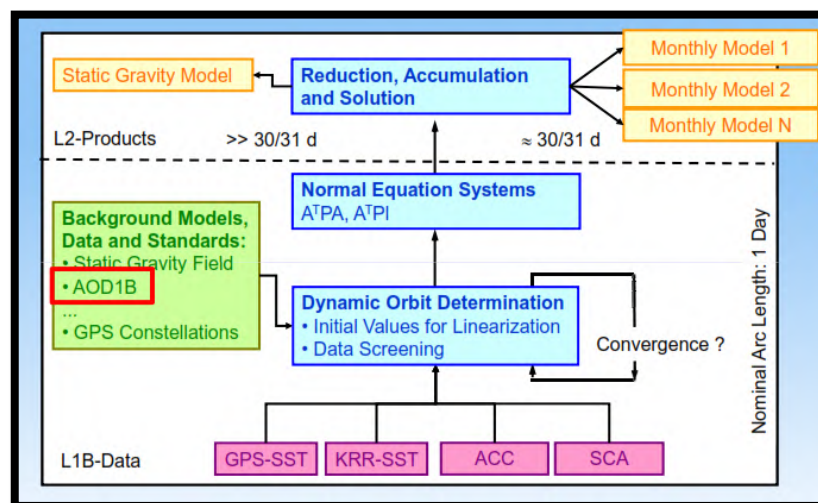
Produk medan gaya berat Level-2 GRACE merupakan sebuah kumpulan data koefisien spherical harmonic dari geopotensial (Bettadpur, 2007).

Produk medan gaya berat Level-2 GRACE dihasilkan dengan melalui “medote dua-tahapan” (Dahle, 2012) yaitu :

Tahap 1. Dengan melakukan pencocokan orbit tingi-terbang satelit GPS dan paramaeter-parameter jam dari data *tracking ground-based*.

Tahap 2. Penentuan orbit GRACE dan perhitungan persamaan observasi dengan posisi satelit GPS dan jam seperti pada tahap 1.

Untuk menghasilkan produk Level-2 digunakan data instrument Level-1B dan data atmosfer *non-tidal* dan koreksi lautan dari AOD1B. Pemrosesan data Level 2 secara singkat ditunjukkan pada gambar 2.15 sebagai berikut.



Gambar 2.15 Alur Pemrosesan Data Level-2 GRACE (Flechtner, 2011)

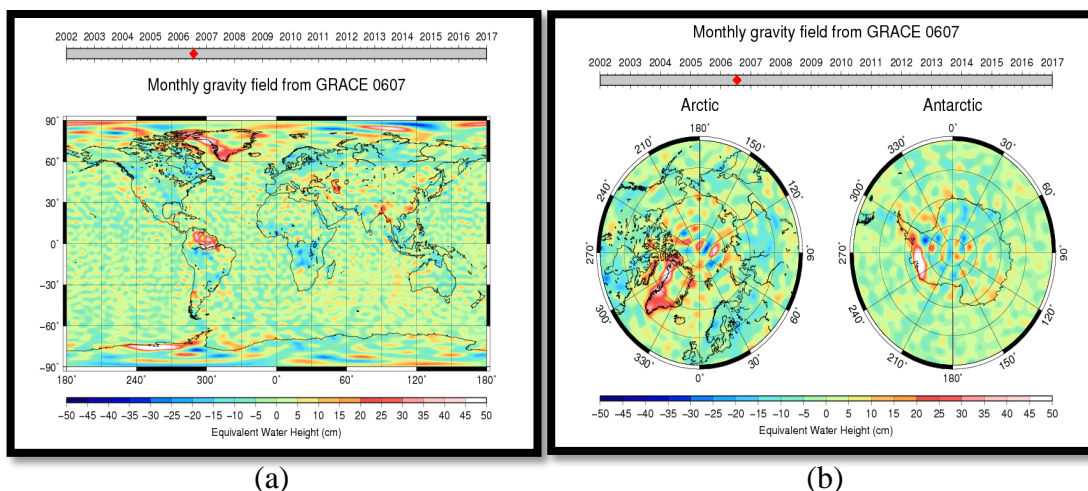
Data Level-2 termasuk orbit satelit GRACE, perkiraan koefisien bola harmonik untuk potensial gaya berat bumi. Model medan gaya berat Level-2 tersedia dalam waktu 60 hari akusisi (Case dkk, 2010).

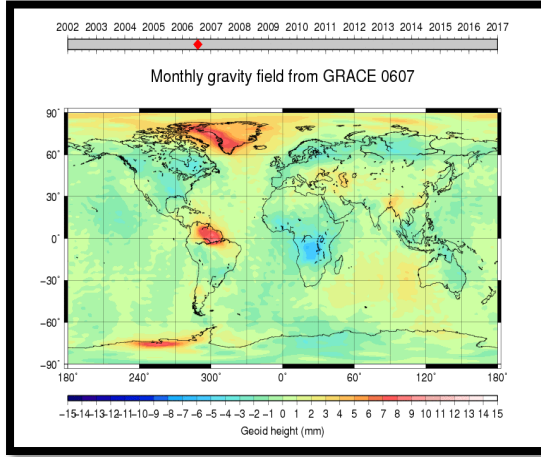
2.5.6 Data Level-3 GRACE Medan Gaya Berat Bulanan

Data medan gaya berat bulanan berisi data grid dan citra yang diturunkan dari persamaan gaya berat dalam unit *Geoid Height* dan *Equivalent Water Height* (Gambar 2.16). Data ini dihitung dengan menggunakan selisih dari *GRACE solutions* terhadap referensi medan statis rata-rata yang merupakan suatu referensi umum. *GRACE solutions* merupakan data yang berisi *time-series* model medan gaya berat maupun model medan gaya berat rata-rata, dan diekspresikan dalam koefisien bola harmonik yang ternormalisasi.

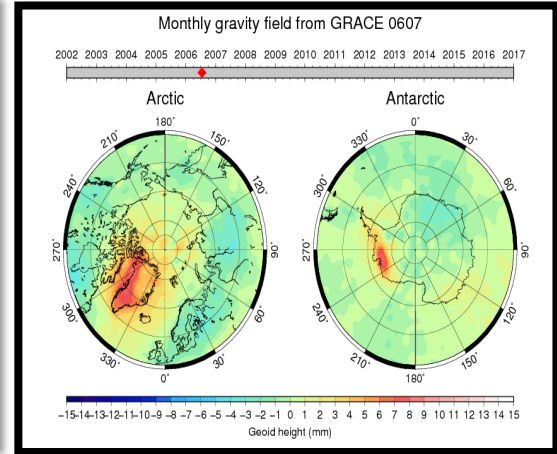
Medan gaya berat ini dihasilkan dengan menggunakan data GPS GRACE dan *K-Band* serta data LAGEOS-1/2 SLR (data LAGEOS menyediakan lebih dari 90% informasi pada koefisien $C(2,0)$ medan gaya berat, sedangkan data GRACE menyediakan hampir 100% informasi dari semua koefisien harmonik lainnya).

Sampai saat ini, sudah ada tiga seri medan variabel yang dirilis. Rilis pertama berisi model 30-hari berdasarkan pada periode rata-rata tiga kali 10-hari dengan berat 0,5/1,0/0,5. Rilis kedua berisi tentang model 10-hari. Pada kedua kasus, medan gaya berat diberikan setiap 10 hari dan lengkap hingga pada harmonik bola 50 derajat. Rilis ketiga merupakan rilis terbaru yang dibuat berdasarkan pemrosesan ulang data level-1B, dengan model solusi bulanan dan 10-hari hingga bola harmonik 80 derajat (GRGS, 2016).





(c)



(d)

Gambar 2.16 Medan gaya berat bulanan level-3 GRACE RL03 dalam format citra (a). Ekuatorial dengan unit EWH, (b). Kutub dengan unit EWH, (c). Ekuatorial dengan unit Geoid Height, (d). Kutub dengan unit Geoid Height (GRGS, 2016).

Secara khusus, data EWH diekstrak dengan menggunakan algoritma RICA (*Robust Independent Componen Analysis*) dari solusi bulanan GRACE (Guo dkk, 2014). ICA (*Independent Componen Analysis*) merupakan sebuah teknik yang sangat baik untuk analisis data multivariasi, khususnya untuk pemisahan sumber buta. ICA dapat memisahkan sinyal asal dari observasi tanpa informasi sinyal asal apapun. Observasi ICA haruslah non-Gaussian, atau hanya satu Gaussian. Sinyal asal secara statistik bersifat independen dan linier dikombinasikan pada observasi (Stone, 2004).

EWB diturunkan dari data Level-2 GRACE yang terdiri atas koefisien Stokes, dan dianggap sebagai observasi ICA (Frappart dkk, 2011). Untuk menjamin konsistensi data, data model geopotensial bulanan dari CSR, JPL, dan GFZ dinaikkan menjadi derajat dan orde 60. Dengan menghitung nilai rata-rata solusi Level-2 GRACE dari tahun 2003 – 2011, nilai tersebut kemudian disubstraksi dari solusi bulanan GRACE untuk mendapatkan residu setiap bulannya. Sebagian besar residu menyebabkan anomali massa permukaan (Wahr dkk, 1998) yang mana dapat diekspresikan sebagai:

$$\Delta\sigma(\theta, \varphi) = \frac{\alpha\rho_{ave}}{3} \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \bar{P}_{lm}(\cos\theta) \frac{2l+1}{1+k_l} (\Delta C_{lm} \cos(m\varphi) + \Delta S_{lm} \sin(m\varphi)) \quad (2.15)$$

Dimana, $\Delta\sigma$ merupakan anomali massa permukaan, a adalah jari-jari, θ dan φ adalah ko-lintang dan bujur, ρ_{ave} merupakan densitas rata-rata bumi ($= 5517 \text{ kg/m}^3$), dan \bar{P}_{lm} adalah fungsi Legendre dengan derajat l dan m , k merupakan bilangan Love, dan ΔC_{lm} dan ΔS_{lm} merupakan residu koefisien bola harmonik.

Ada banyak sekali gangguan pada solusi bulan GRACE, khususnya untuk koefisien bola harmonik pada derajat dan orde tinggi. EWH secara langsung didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.15 yang mana Gaussian sangat kuat sehingga ICA tidak dapat memisahkan sinyal asal dari solusi GRACE. Setelah diproses solusi Level-2 GRACE dengan menggunakan fungsi *kernel Gaussian smoothing* (Jekeli, 1981), Gaussianitas observasi menjadi lebih rendah. Pada kenyataannya, fungsi Gaussian mengurangi berat komponen derajat dan orde tinggi. Kemudian, anomali massa yang telah di *smoothed* dapat diekspresikan sebagai berikut.

$$\Delta\sigma(\theta, \varphi) = \frac{\alpha\rho_{ave}}{3} \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \bar{P}_{lm}(\cos \theta) \frac{2l+1}{1+k_l} W_l(\Delta C_{lm} \cos(m\varphi) + \Delta S_{lm} \sin(m\varphi)) \quad (2.16)$$

Dengan W_l merupakan fungsi Gaussian (Wahr dkk, 1998). Kemudian anomali massa dibagi dengan densitas air untuk mendapatkan EWH.

$$EWH = \frac{\Delta\sigma}{\rho_w} \quad (2.17)$$

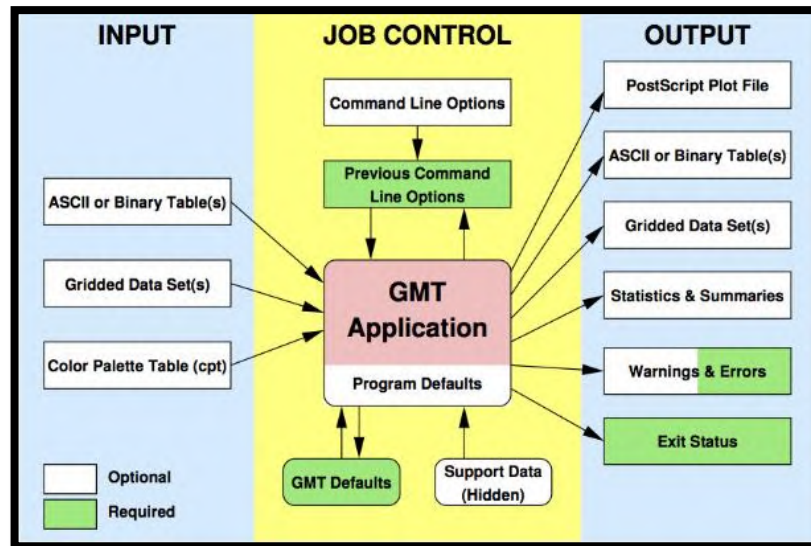
Dimana ρ_w merupakan densitas air ($=1000\text{kg/m}^3$).

2.6 GMT

GMT (*General Mapping Tool*) adalah suatu perangkat program yang memperbolehkan kita untuk membuat plot, memanipulasi dan membuat peta (Wessel dan Smith, 1998).

2.6.1 Lingkungan GMT

Lingkungan GMT secara singkat ditunjukkan pada gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2.17 Lingkungan GMT

a. Data Input

Ada tiga tipe data yang diinput pada GMT, antara lain:

- Data Tabel. Data ini merupakan tabel persegi dengan jumlah kolom tertentu dan jumlah baris yang tidak terbatas. Data tabel terdiri dari dua grup, yaitu ASCII dan Binary.
- Data Grid. Data ini merupakan data matriks yang terdiri dari dua ciri, yaitu *Grid-line registration* dan *Pixel registration*. Format *default* data ini adalah netCDF.
- Tabel Warna Lukis. Yang digunakan untuk pencitraan, plot warna, dan peta kontur.

b. Kontrol Kerja

Ada beberapa parameter operasional pada kontrol kerja:

- Opsi *Command Line* atau *default* modul.
- Opsi *Command Line* sebelumnya yang tersimpan di *gmt.history*.
- *Default* GMT untuk bermacam parameter-parameter yang tersimpan di *gmt.conf*.

- Data pendukung tersembunyi seperti garis-garis pantai atau pola *PostScript*.

c. Data Output

Ada enam kategori umum output yang dihasilkan oleh GMT:

- Perintah Plot *PostScript*.
- Tabel Data.
- Data Grid.
- Statistik dan Ringkasan.
- Peringatan dan Kesalahan (ditulis *stderr*).
- Status Keluar (0 berarti sukses, selain itu gagal).

2.6.2 Tools GMT

GMT memiliki 18 *tools* yang secara langsung membuat (atau menambahkan *overlay*) plot-plot (tabel 2.3). Sisanya yang berjumlah 45 kebanyakan terkait dengan pemrosesan data. *Tools* ini berfokus pada tugas memploting garis, simbol, dan teks pada peta.

Tabel 2.3 Daftar program plot untuk 1-D dan 2-D GMT.

Program	Tujuan
PETA DASAR	
psbasemap	Membuat kerangka peta dasar kosong dengan pilihan skala
pscoast	Memplot garis pantai, benua, sungai, dan batas administrasi
pslegend	Membuat <i>overlay</i> legenda
TITIK DAN GARIS	
pswiggle	Menggambar <i>time-series</i> spasial di sepanjang lintasan (x,y)
Psxy	Memplot simbol, poligon, dan garis 2-D
pxyz	Memplot simbol, poligon, dan garis 3-D
HISTOGRAM	
pshistogram	Memplot histogram persegi
psrose	Memplot histogram polar
KONTUR	
grdcontour	Membuat kontur 2-D data grid
pscontour	Membuat kontur atau pencitraan data xyz oleh triangulasi optimal secara langsung
SURFACES	
grdimage	Menghasilkan warna gambar dari data grid2-D
grdvector	Plot medan vektor dari data grid 2-D
grdview	Pencitraan perspektif

Program	Tujuan
UTILITAS	
psclip	Menggunakan file poligon untuk menginisiasi <i>clipping path</i>
psimage	Memplot file raster
psmask	Membuat <i>clipping path</i> atau membuat <i>overlay</i> untuk masking
psscale	Memplot skala bar keabuan atau berwarna
pstext	Memplot teks pada peta

(Wessel dan Smith, 1998)

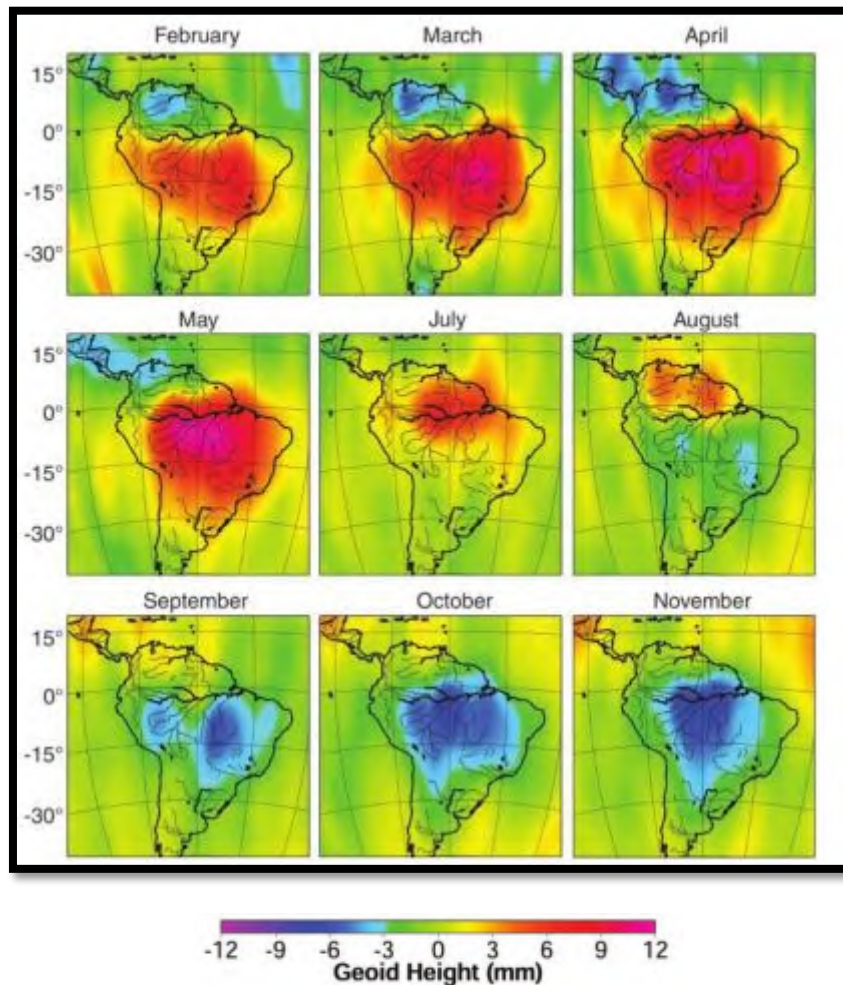
2.7 Penelitian Terdahulu

2.7.1 Perubahan Rotasi Bumi dan Medan Gaya Berat Derajat Rendah akibat Gempa Bumi

Perubahan pada distribusi densitas Bumi yang disebabkan oleh sebuah dislokasi gempa akan merubah rotasi Bumi dan medan gaya berat. Dalam penelitian ini dikembangkan persamaan analitis berdasarkan teori mode-normal dengan menggunakan model bumi bola simetris dan solusi momen tensor sentroid untuk sumber gempa untuk menghitung perubahan rotasi Bumi dan medan gaya berat harmonik derajat-rendah akibat gempa untuk periode tahun 1977-1985 (Chao, 1987).

2.7.2 Pengukuran Variabilitas Massa pada Sistem Bumi oleh GRACE

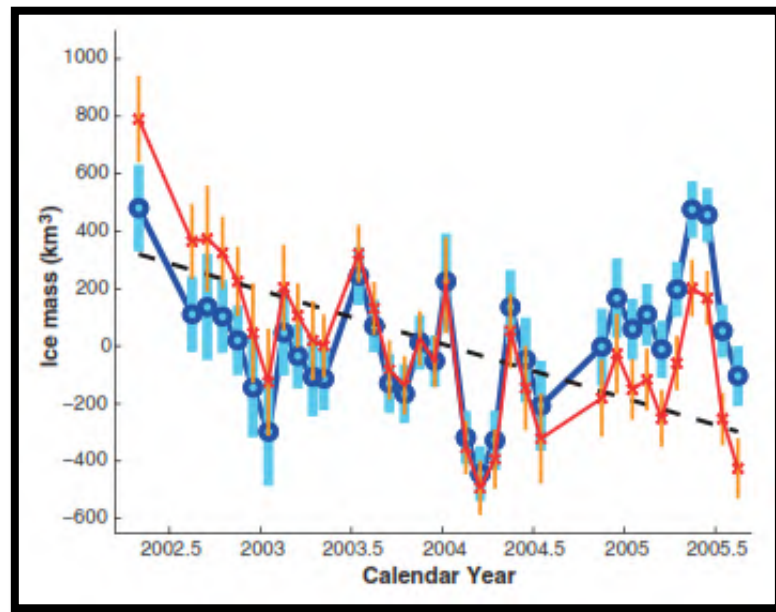
Siklus tahunan pada variasi geoid, naik hingga 10 mm di beberapa wilayah, sebagian besar memuncak pada musim semi dan musim gugur. Variasi geoid yang diobservasi di seluruh selatan Amerika dapat dikaitkan terhadap perubahan air permukaan dan air bawah tanah yang menunjukkan suatu pemisahan antara batas air Amazon dan batas air yang lebih kecil di sebelah utara. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data bulanan medan gaya berat GRACE dengan akurasi tinggi geoid 2 hingga 3 milimeter pada resolusi spasial yang rendah yaitu 400 kilometer (Tapley dkk, 2014).



Gambar 2.18 Perubahan tinggi geoid pada tahun 2003 di wilayah Amerika Selatan (Tapley dkk, 2014)

2.7.3 Pengukuran Gaya Berat Variabel-Waktu Menunjukkan Penurunan Massa di Antartika

Dalam penelitian ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan data gaya berat variabel-waktu GRACE untuk menentukan variasi massa es Antartika selama tahun 2002 hingga 2005. Hasil yang didapatkan yaitu bahwa massa es secara signifikan berkurang pada angka $152 \pm 80 \text{ km}^3$ per tahun. Sebagian besar massa yang hilang berasal dari sebelah barat Antartika (Velicogna dkk, 2005).



Gambar 2.19 Grafik Solusi Massa bulanan GRACE untuk Es Antartika (Velicogna dkk, 2005). Garis merah menunjukan data yang telah dilakukan filter terhadap *hydrology leakage*. Garis biru yaitu filter terhadap sinyal PGR.

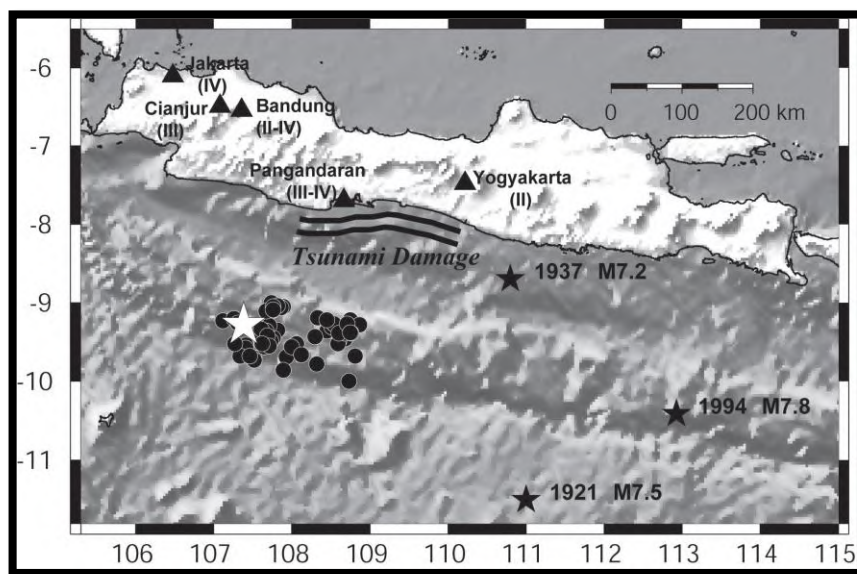
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODA PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi dari penelitian ini berada di wilayah selatan Jawa barat dengan batas geografis pada koordinat 6°LS - 11°LS dan 106°BT - 115°BT seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian (Mori dkk, 2007)

3.2 Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, data grid medan gaya berat bulanan level-3 GRACE dalam unit *equivalent water height* yang digunakan untuk pemodelan perubahan massa di wilayah penelitian (Lampiran 1). Data ini didapatkan dari GRGS (*Groupe de Recherche de Geodesie Spatiale*). Selanjutnya, data distribusi titik kejadian gempa bumi yang terjadi di wilayah lokasi penelitian (Lampiran 2). Data ini didapatkan dari USGS (*United States Geological Survey*). Data gempa digunakan untuk analisa perubahan massa akibat gempa di wilayah studi. Kemudian, data curah hujan yang didapatkan dari USGS. Data curah hujan digunakan sebagai data pendukung untuk membantu analisa terhadap nilai *equivalent water height*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Software*: GMT yang digunakan untuk penggambaran model perubahan massa bumi terhadap gempa, notepad++ untuk penulisan dan pembuatan *script* yang kemudian dieksekusi dengan GMT, ArcGIS yang digunakan untuk penggambaran model curah hujan, SPSS digunakan untuk uji perhitungan analisis korelasi curah hujan terhadap *ewh* dan Ms.Excel yang digunakan untuk melakukan perhitungan analisis korelasi dan pembuatan grafik dari pemodelan perubahan massa akibat gempa.

3.3 METODA PENELITIAN

Tahapan kegiatan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.2.

Tahapan yang dilakukan antara lain:

1. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisa perubahan massa bumi yang diakibatkan oleh gempa Jawa Barat 17 Juli 2006 (7,7 Mw). Dengan permasalahan ini, dilakukan studi literatur dan pengkajian terhadap ketersediaan data dan peralatan.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi-referensi yang mendukung penelitian ini. Studi literatur yang dilakukan, antara lain:

- Studi literatur karakteristik dan cara pengolahan data satelit GRACE.
- Studi literatur mengenai hubungan medan gaya berat dan variasi massa bumi.
- Studi literatur mengenai aktivitas kegempaan di lokasi penelitian.
- Studi literatur mengenai keadaan curah hujan di lokasi penelitian.
- Dan studi terkait variasi massa bumi terhadap gempa dalam penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, khususnya dengan menggunakan data satelit gaya berat GRACE.

Setelah dilakukan studi literatur permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini, maka dilakukan pengumpulan data pada tahap selanjutnya.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data yang dikumpulkan yaitu data grid medan gaya berat bulanan level-3 GRACE yang diunduh dari <http://grgs.obs-mip.fr/grace/> (Lampiran 1). Data yang diunduh adalah data bulanan versi kedua dari rilisan yang ketiga (RL03-v2) dalam format resmi GRACE dalam unit satuan EWH (*Equivalent Water Height*). Kemudian, data distribusi gempa (Lampiran 2) di wilayah penelitian yang diperoleh dari <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>. Data gempa diunduh dengan kriteria magnitudo gempa ≥ 5 Mw. Serta data TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) yang diunduh dari <http://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov> (Lampiran 3). Semua data ini diunduh dengan jangka waktu kurang lebih selama tiga bulan terhitung mulai dari 1 Juni 2006 – 31 Agustus 2006 dengan batas geografis pada koordinat 6°LS - 11°LS dan 106°BT - 115°BT .

4. Pemilihan Data

Pada tahap ini, dilakukan pemilihan dan pemisahan kedua data yang telah dikumpul dengan pembagian data berdasarkan rentang waktu sebelum gempa dan sesudah gempa. Rentang waktu pada saat sebelum gempa yaitu pada bulan Juni sampai dengan Juli (asumsi 16 hari sebelum terjadi Gempa 7,7 Mw) dan Sesudah gempa yaitu pada rentang waktu dari bulan Juli (asumsi mulai dari tanggal 17) sampai dengan Agustus pada tahun 2006. Pembagian data secara umum seperti pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Pembagian rentang waktu data sebelum dan sesudah gempa 7,7 Mw

Bulan/Tahun	Waktu Kejadian
Jun-06	Sebelum gempa
Juli-06 (1 – 16)	
Jul-06 (17 dst)	Sesudah gempa
Aug-06	

5. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut.

- Pemodelan perubahan massa sebelum dan sesudah Gempa 7,7 Mw

Pada tahap ini, data solusi medan gaya berat bulanan yang telah dikumpulkan kemudian diproses menggunakan GMT. Sebelum proses, terlebih dahulu dibuat *script* menggunakan notepad++ dan disimpan dalam format .bat. Kemudian file .bat tersebut dieksekusi dengan menggunakan GMT. Hasil dari *plotting* dan *overlay* berupa peta dengan format .ps yang kemudian dikonvert ke dalam format gambar .jpeg atau .png.

b. Pemodelan perubahan massa terhadap titik kejadian gempa

Untuk melakukan pemodelan ini, maka dilakukan proses overlay dari data solusi medan gaya berat dan data gempa. Sebelum di-*overlay*, dibuat *script* seperti pada tahap pemodelan sebelumnya. Kedua data ini di-*plot* kemudian di-*overlay* dengan GMT. Hasil *overlay* berupa peta perubahan massa dengan distribusi titik kejadian gempa.

c. Pemodelan curah hujan dan korelasinya terhadap *equivalent water height*

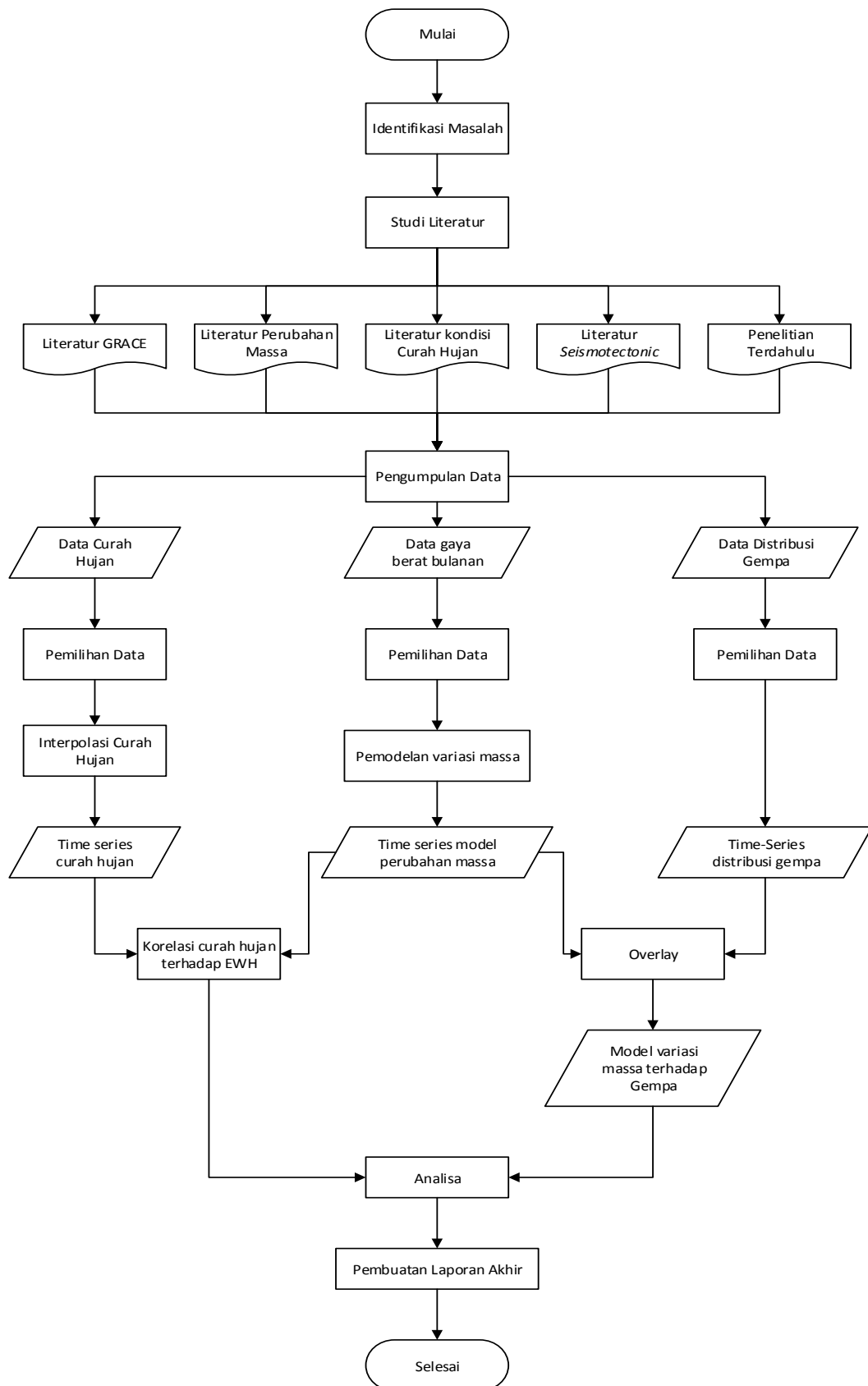
Untuk melihat pengaruh curah hujan terhadap nilai *ewh*, maka dibuat model curah hujan di lokasi penelitian. Data curah hujan dengan format .nc yang telah didapatkan kemudian diolah menggunakan ArcGIS. Hasilnya berupa model curah hujan yang kemudian akan dianalisa pada proses selanjutnya.

6. Analisa

Pada tahap ini dilakukan beberapa analisa untuk melihat perubahan massa akibat gempa 7,7 Mw. Analisa yang dilakukan adalah analisa perubahan massa sebelum dan sesudah gempa 7,7 Mw, analisa perubahan massa terhadap titik kejadian gempa, analisa perubahan massa terhadap tipe patahan, analisa curah hujan terhadap perubahan nilai *ewh*, analisa kuantitas perubahan massa, dan analisa perubahan massa pada titik episenter gempa 7,7 Mw.

7. Pembuatan laporan akhir

Pada tahap akhir ini dilakukan pembuatan dokumentasi yang berisi laporan dari setiap tahapan proses di atas sebagai persyaratan dalam penulisan penelitian ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

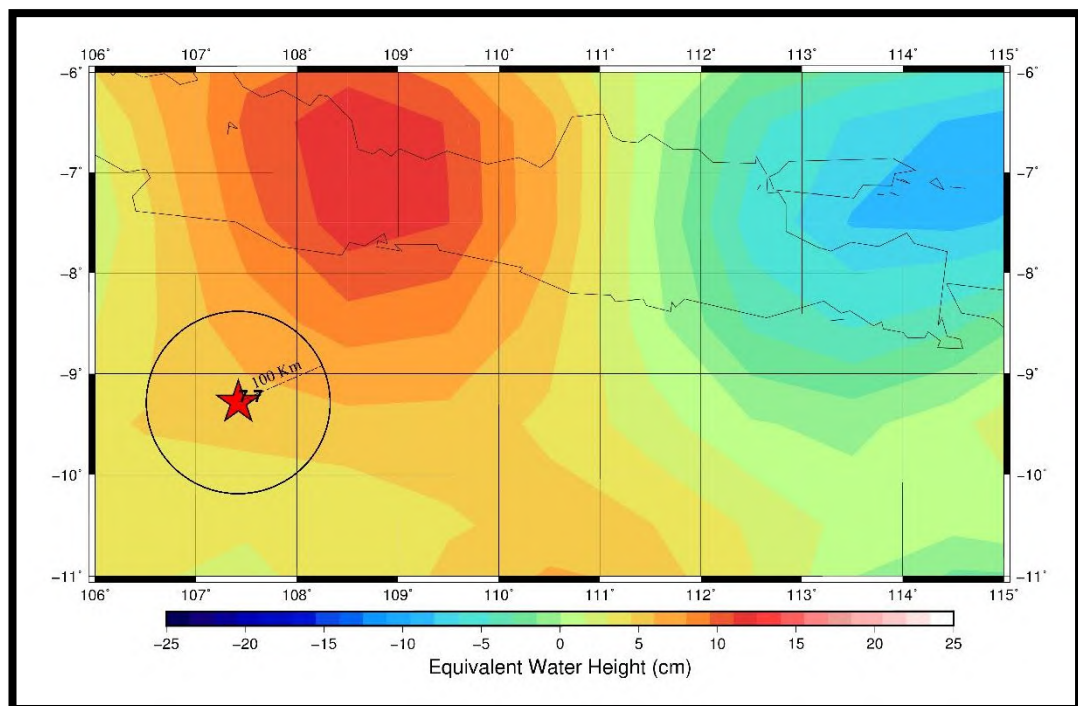
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

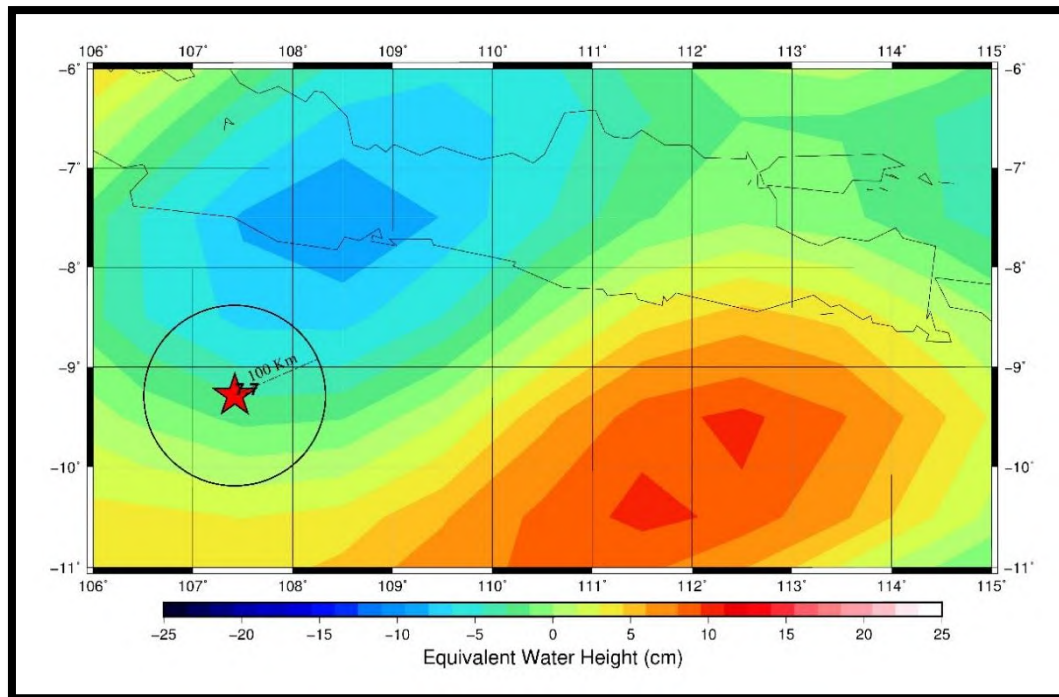
4.1 Model Perubahan Massa Bumi Sebelum dan Sesudah Gempa 7,7 Mw

Untuk mendapatkan model perubahan massa bumi sebelum dan sesudah Gempa 7,7 Mw di lokasi penelitian, dilakukan proses *plotting* data perubahan massa menggunakan GMT dengan rentang waktu penelitian pada bulan Juni - Juli (sebelum gempa; dengan asumsi bahwa 16 hari sebelum Gempa 7,7 Mw belum mengalami perubahan massa), bulan Juli – Agustus (sesudah gempa). Hasil yang didapatkan dari proses pemodelan ditunjukkan pada gambar 4.1.

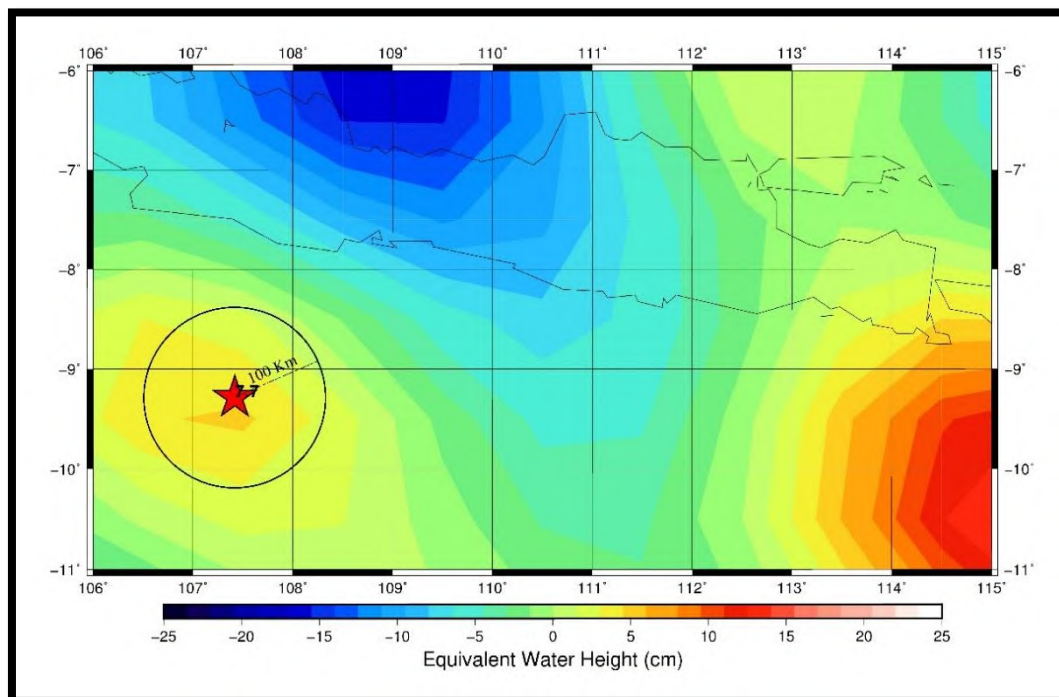
Dapat dilihat pada model gambar 4.1, perubahan massa di lokasi penelitian pada radius 100 km dari episenter Gempa 7,7 Mw berbeda pada saat sebelum gempa dan sesudah gempa. Perbedaan pada nilai *equivalent water height* menyatakan perbedaan perubahan massa. Pada bulan Juni nilainya bervariasi pada rentang antara +5 cm dan +10 cm, pada bulan Juli berada pada rentang 0 cm dan -5 cm, dan di bulan Agustus berada pada rentang 0 cm dan +5 cm.



(a)



(b)



(c)

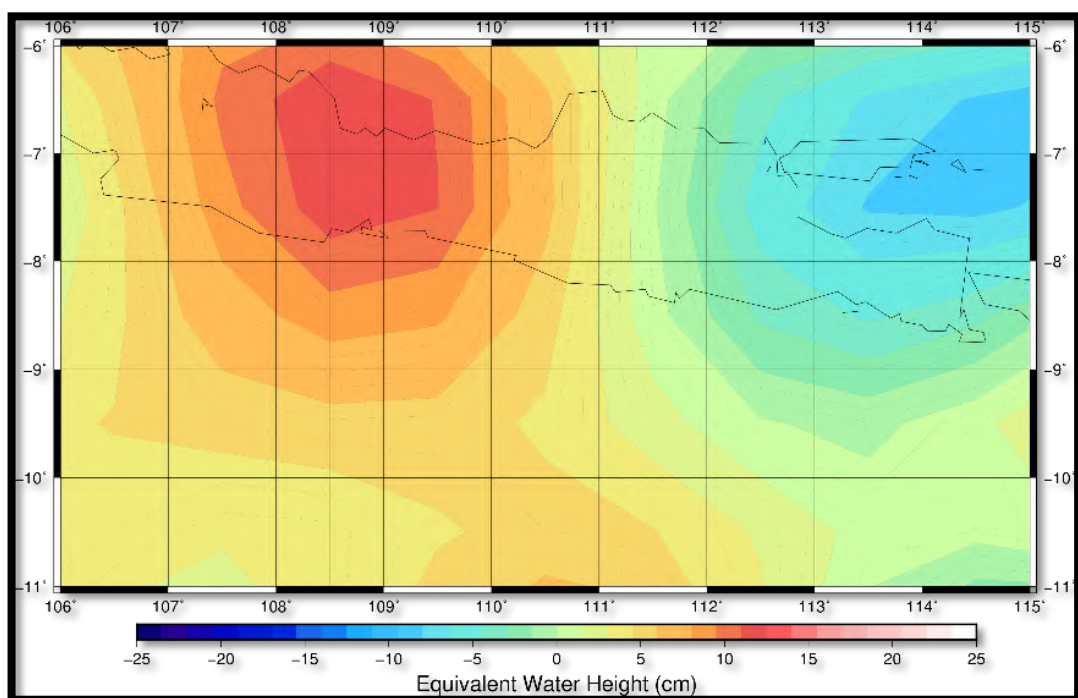
★ Episenter Gempa 7,7 Mw

Gambar 4.1. Model perubahan massa (a) sebelum gempa (Juni), (b) dan (c) sesudah gempa (Juli – Agustus).

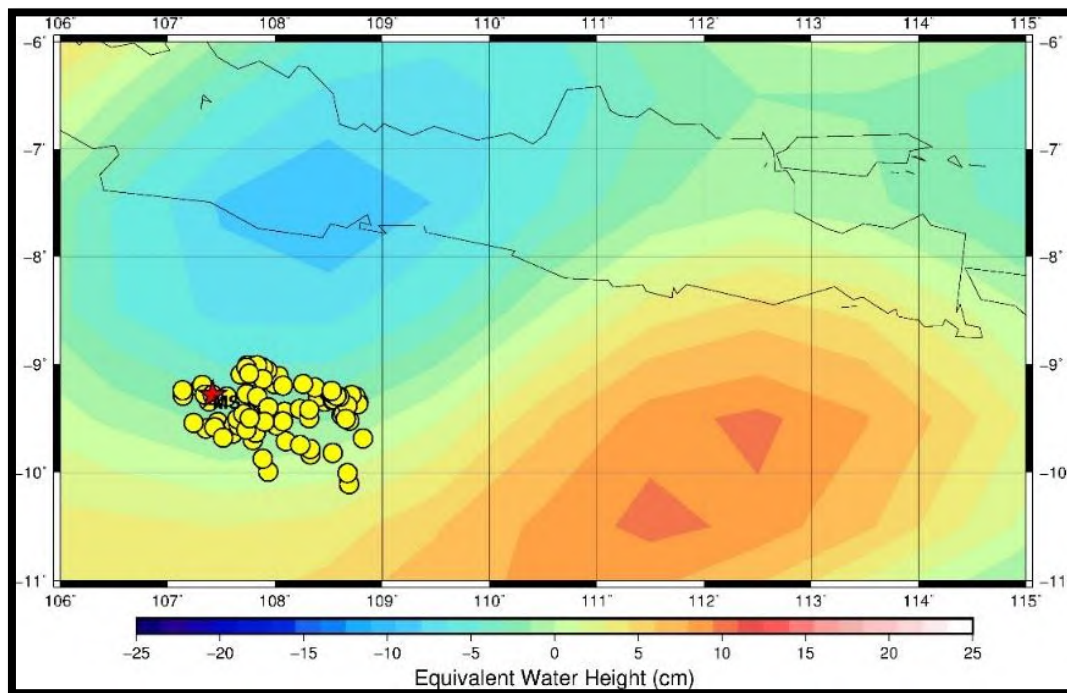
4.2 Model Perubahan Massa Bumi terhadap Titik Kejadian Gempa

Untuk melihat hubungan antara perubahan massa bumi dengan gempa yang terjadi di lokasi penelitian, maka dilakukan proses *overlay* antara model perubahan massa dengan distribusi titik kejadian gempa. Data gempa yang digunakan adalah kejadian gempa dengan magnitudo ≥ 5 pada saat sebelum gempa dan sesudah gempa. Hasil *overlay* dari pemodelan ini, ditunjukkan pada gambar 4.2.

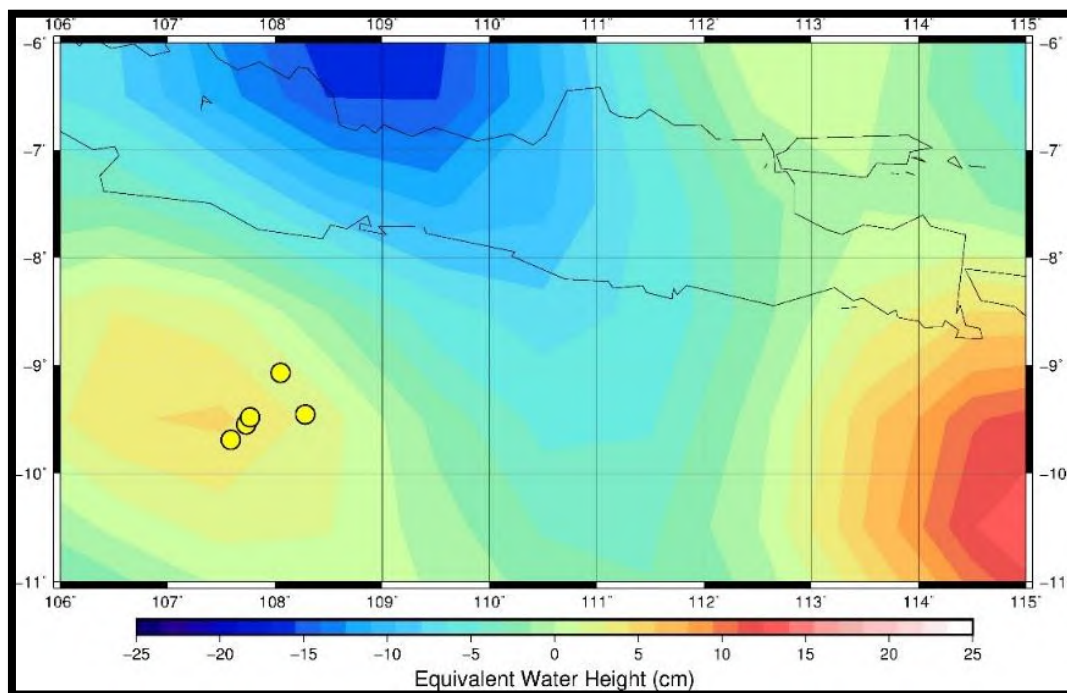
Hasil *overlay* distribusi titik gempa di lokasi penelitian menunjukkan bahwa pada saat sebelum Gempa 7,7 Mw, tidak terdapat kejadian gempa (gambar 4.2a). Sedangkan pada saat sesudah gempa, terdapat lebih dari 90 kejadian gempa yang mengikuti gempa utama (gambar 4.2b dan 4.2c). Magnitude gempa-gempa ini bervariasi dari 5 Mw sampai dengan 6 Mw. Hal ini menunjukkan bahwa satu kejadian gempa biasanya memicu terjadinya gempa lain di daerah sekitarnya. Episenter dari seluruh gempa secara umum berada pada lokasi yang tersebar di sepanjang zona subduksi di sebelah selatan Jawa Barat.



(a)



(b)



(a)

Episenter gempa	Magnitudo (Mw)
★ Gempa utama	7,7
● Gempa lainnya	5 – 6,1

Gambar 4.2 Model perubahan massa bumi dengan titik kejadian gempa pada (a) sebelum, (b) dan (c) sesudah Gempa 7,7 Mw.

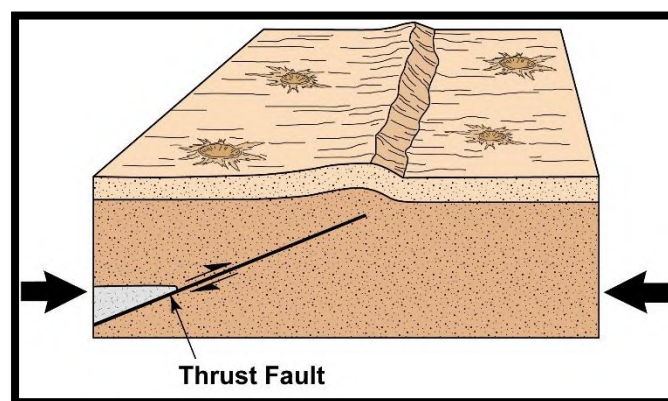
4.3 Gempa 17 Juli 7,7 Mw

Gempa 17 Juli 2006 (7,7 Mw) terjadi sekitar 200 km di sebelah selatan Jawa Barat (Kato dkk, 2007). Gempa ini merupakan hasil dari *thrust faulting* dari Palung Sunda. Sebuah *rupture* dengan panjang kira-kira 200 km dihasilkan selama durasi sekitar 185 detik oleh gempa ini (Kuenza dan Soon-hoe, 2010).

Menurut penelitian terdahulu yang dikemukakan oleh (Kato dkk, 2007), bahwa dengan menganalisa gelombang seismiknya, disimpulkan bahwa gempa terjadi di sepanjang *shallow dipping* (10°) pada *thrust fault* dan merupakan suatu gempa *interplate*. Pada sisi lain, sebuah analisa yang mirip dilakukan dan dikemukakan oleh Kato dkk (2007), bahwa dengan melakukan analisa yang sama, disimpulkan bahwa kemungkinan sudut tinggi *reverse faulting* yang muncul di dalam *subducting slab*.

4.4 Analisa Perubahan Massa terhadap Tipe Patahan Gempa

Seperti yang dijelaskan pada subbab 4.3, bahwa Gempa 7,7 Mw merupakan sebuah gempa tektonik yang berasal dari *thrust faulting* (gambar 4.3), yang mana *thrust faulting* merupakan salah satu tipe *dip-slip faults*. *Dip-slip faults* merupakan inklinasi patahan dimana arah bidang patahannya bergeser secara vertikal. *Thrust fault* merupakan sebuah *dip* dengan sudut inklinasi 45° atau $< 45^\circ$. Arah pergeseran dari *thrust fault* ini membuat bidang patahannya naik sehingga menyebabkan kenaikan tinggi air. Akibat dari gerakan *thrust fault* ini dapat menyebabkan terjadinya kenaikan *equivalent water height* di wilayah lokasi penelitian.

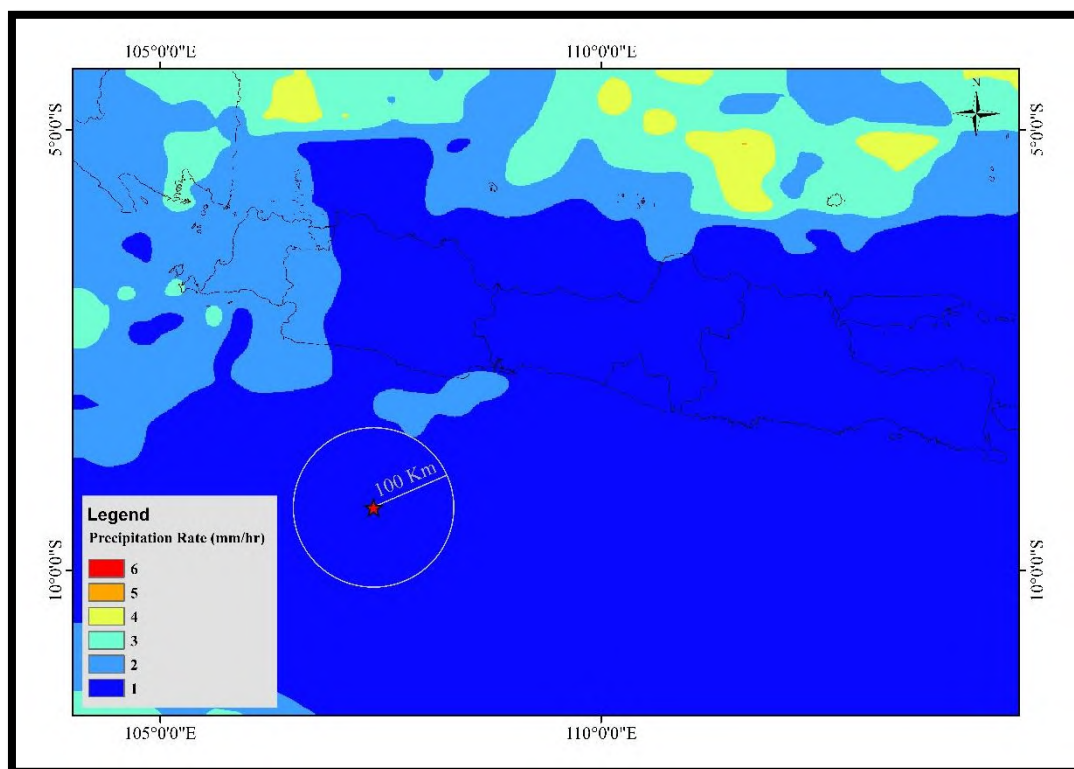


Gambar 4.3 Thrust fault (USGS, 2012)

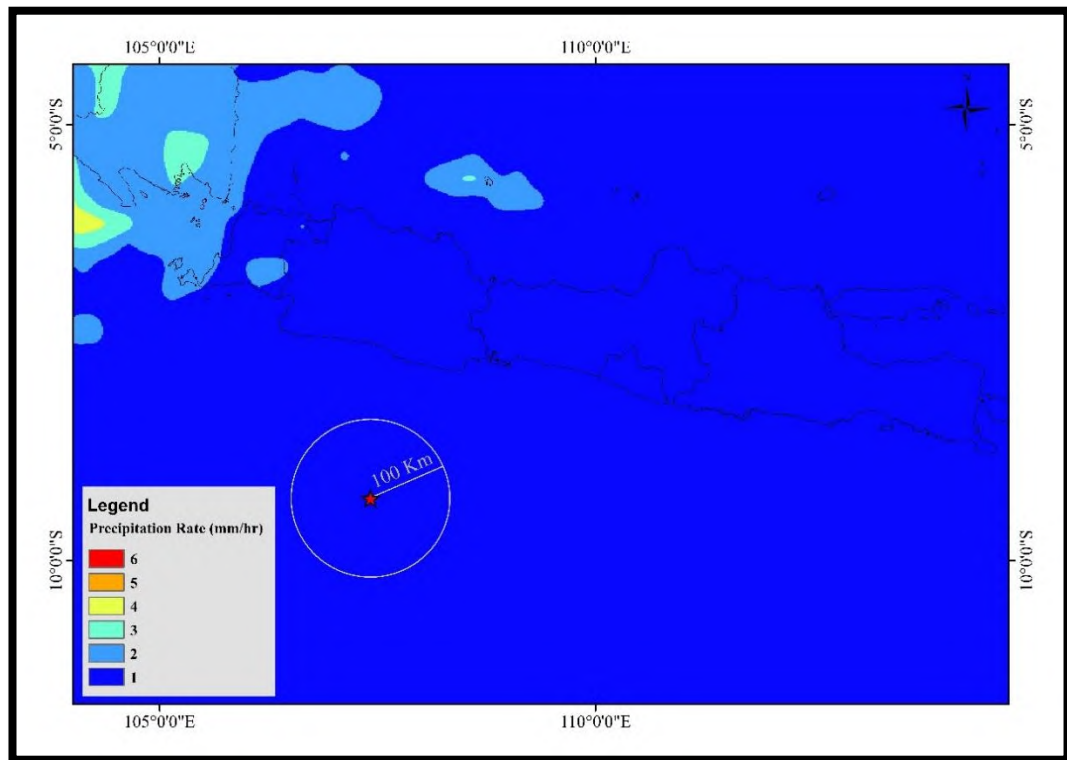
4.5 Analisa Perubahan *Equivalent Water Height* terhadap Curah Hujan

Letak astronomis Indonesia yang berada di wilayah tropis membuat Indonesia beriklim tropis. Secara umum, keadaan iklim di daerah Indonesia dipengaruhi oleh tiga jenis iklim, yaitu iklim musim, iklim laut, dan iklim panas. Ketiga jenis iklim tersebut berdampak pada tingginya curah hujan di daerah Indonesia.

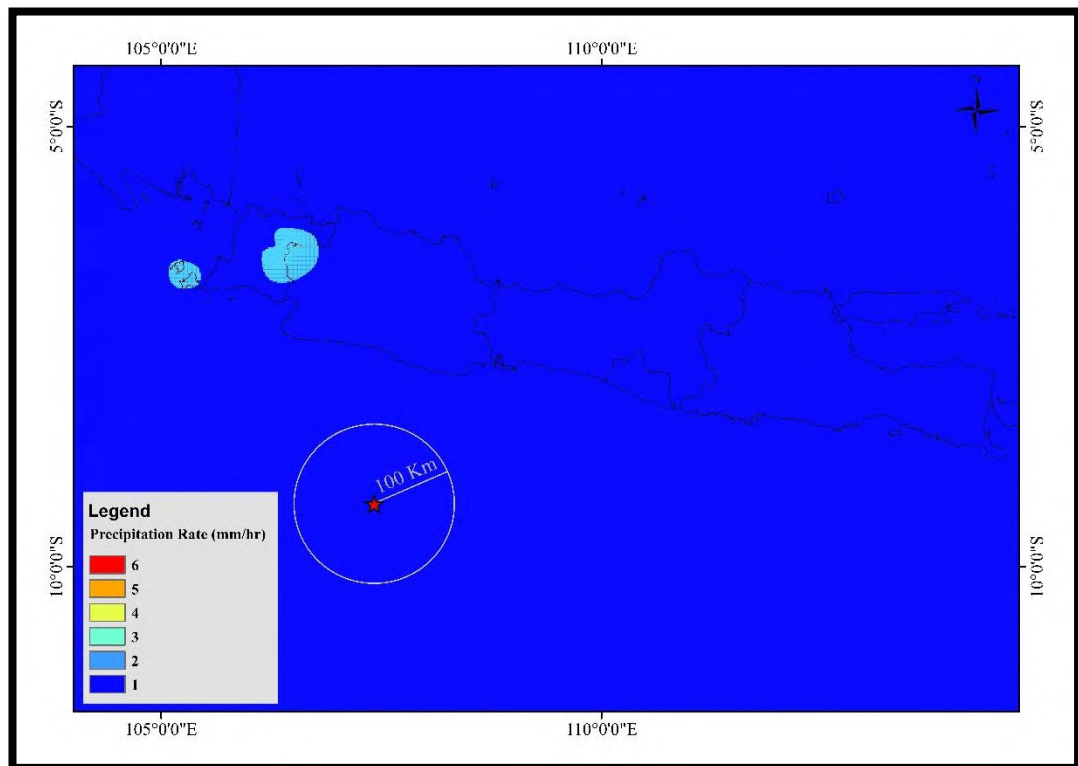
Untuk membantu analisa terhadap perubahan massa yang ditandai dengan perubahan *ewh*, maka dilakukan analisa curah hujan terhadap perubahan nilai *equivalent water height* pada lokasi penelitian. Data curah hujan yang digunakan yaitu data TRMM dengan resolusi $0,25^\circ$ yang disertakan pada lampiran 4. Analisa ini dilakukan dengan melihat kondisi curah hujan yang disajikan dalam peta curah hujan pada sebelum dan sesudah gempa, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.4 Kondisi curah hujan di wilayah lokasi penelitian. (a) Juni, (b) Juli, dan (c) Agustus

Seperti yang terlihat pada peta curah pada gambar 4.3, angka curah hujan tidak terlalu bervariasi pada sebelum dan sesudah gempa. Pada radius 100 km dari titik episenter gempa, angka curah hujan hanya berada pada nilai 1 mm. Hal ini menunjukkan bahwa sangat kecil sekali pengaruh curah hujan terhadap perubahan nilai *ewh*. Hal ini juga dikarenakan pada rentang waktu penelitian pada saat sebelum dan sesudah gempa, di Indonesia sedang mengalami musim kemarau, sehingga intensitas curah hujan di lokasi penelitianpun sangat rendah.

Untuk melihat korelasi antara pengaruh curah terhadap nilai *ewh*, maka dilakukan analisa korelasi antara kedua variabel tersebut. Korelasi dibuat dengan mengambil lima titik yang tersebar di lokasi penelitian. Kemudian pada kelima titik tersebut diambil nilai curah hujan dan EWH pada rentang waktu penelitian. Analisa korelasi yang dilakukan dengan menggunakan persamaan korelasi *Pearson* sebagai berikut.

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{\left\{ \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right\} \left\{ \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right\}}}$$

(4.1)

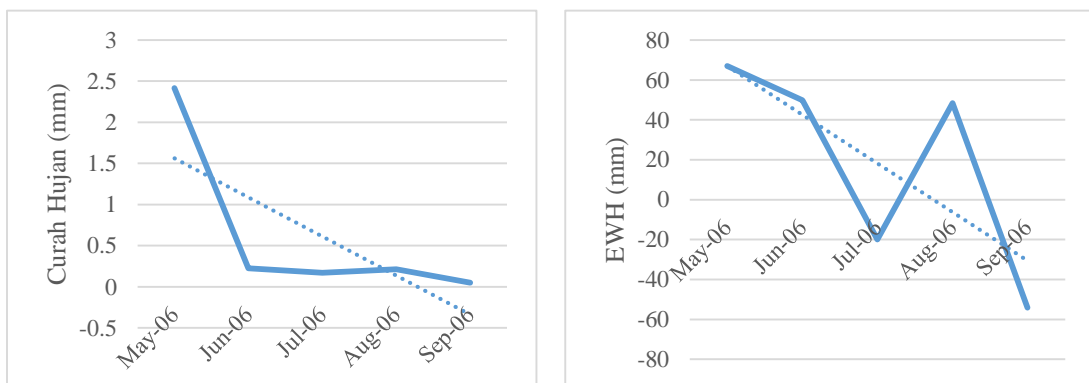
Hasil dari korelasi kondisi curah hujan terhadap perubahan nilai *ewh* pada saat sebelum dan sesudah gempa adalah seperti pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Nilai korelasi curah hujan terhadap nilai *ewh* di lima titik pada lokasi penelitian.

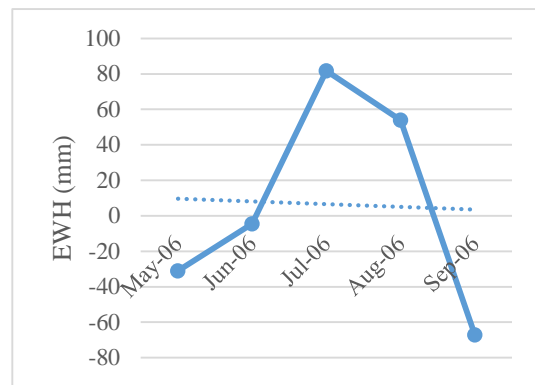
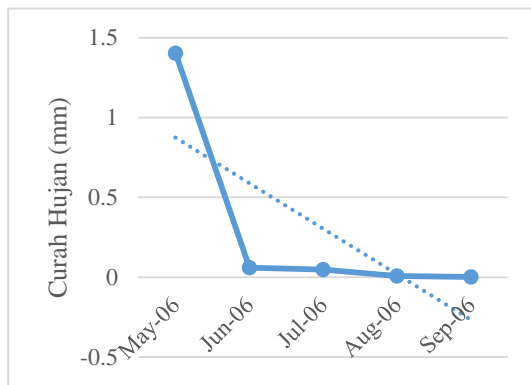
Titik	Long	Lat	Waktu	Curah Hujan (mm)	EWB (mm)	Korelasi (r)
1	107.5	-9.5	0605	2.41452	67.06	0.574
	107.5	-9.5	0606	0.22375	49.86	
	107.5	-9.5	0607	0.169758	-19.88	
	107.5	-9.5	0608	0.213306	48.34	
	107.5	-9.5	0609	0.05	-54.13	
2	113.5	-9.5	0605	1.40363	-31.02	-0.331
	113.5	-9.5	0606	0.060417	-4.57	
	113.5	-9.5	0607	0.046774	81.68	
	113.5	-9.5	0608	0.007661	53.86	

Titik	Long	Lat	Waktu	Curah Hujan (mm)	EWH (mm)	Korelasi (r)
	113.5	-9.5	0609	0.001667	-67.09	
3	110.5	-8.5	0605	1.76962	-6.12	-0.206
	110.5	-8.5	0606	0.072787	51.35	
	110.5	-8.5	0607	0.11177	-1.01	
	110.5	-8.5	0608	0.039042	-75.13	
	110.5	-8.5	0609	0	122.42	
	110.5	-8.5	0609	0	122.42	
4	107.5	-7.5	0605	2.80881	72.65	0.641
	107.5	-7.5	0606	0.810105	89.38	
	107.5	-7.5	0607	0.601809	-82.69	
	107.5	-7.5	0608	0.365038	-52.53	
	107.5	-7.5	0609	0.535843	-71.48	
5	113.5	-7.5	0605	1.8883	79.16	0.448
	113.5	-7.5	0606	0.283995	-81.66	
	113.5	-7.5	0607	0.356318	-10.67	
	113.5	-7.5	0608	0.203985	-1.37	
	113.5	-7.5	0609	0.245828	100.37	

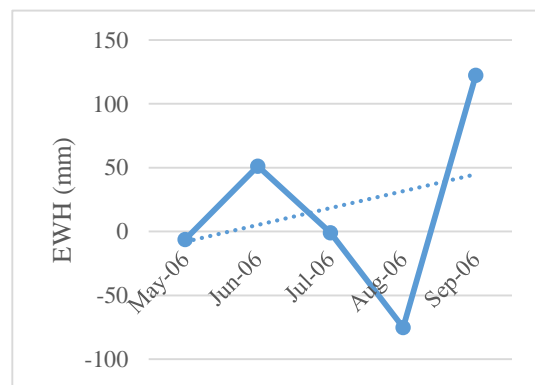
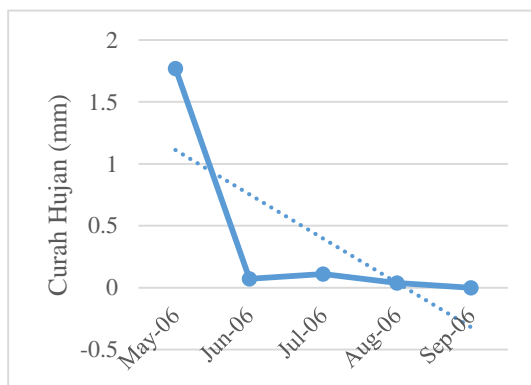
Kemudian nilai korelasi hubungan antara curah hujan dan EWH diplot dan disajikan dalam grafik (gambar 4.5).



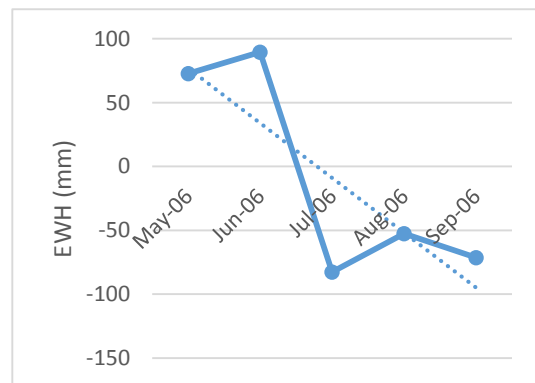
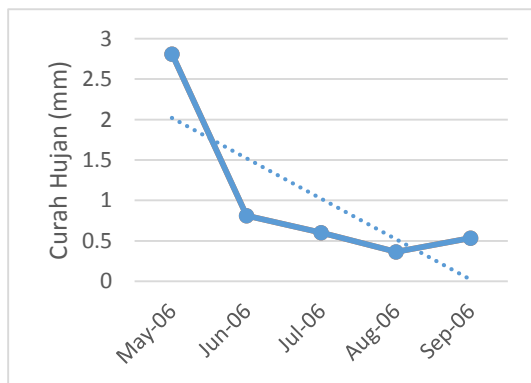
(a)



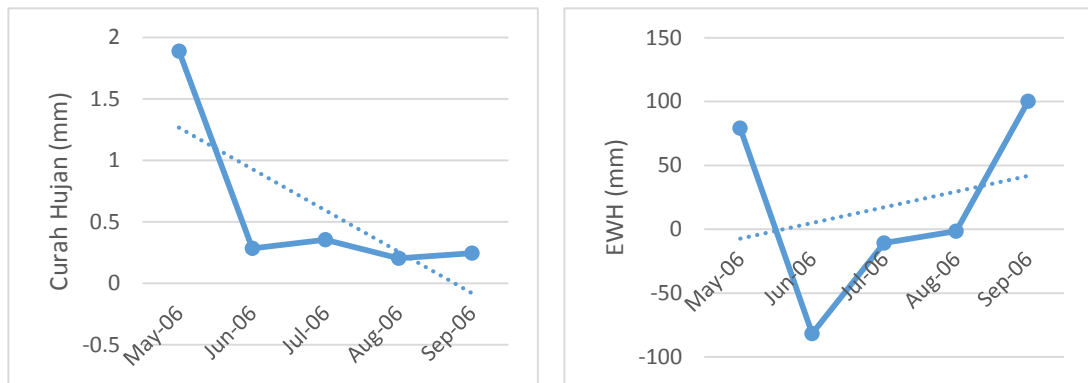
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.5 Grafik korelasi curah hujan terhadap nilai *ewh*. (a) titik 1, (b) titik 2, (c) titik 3, (d) titik 4, dan (e) titik 5.

Titik 1 menunjukkan peningkatan curah hujan cukup mempengaruhi penambahan massa hal ini ditunjukkan dengan nilai korelasi 0.574 (gambar 4.5a, tabel 4.1). Titik 2 menunjukkan peningkatan curah hujan tidak terlalu mempengaruhi penurunan massa, hal ini ditunjukkan dengan nilai korelasi -0.331 (gambar 4.5b, tabel 4.1). Titik 3 menunjukkan peningkatan curah hujan tidak terlalu mempengaruhi penurunan massa, ditunjukkan dengan nilai korelasi -0.206 (gambar 4.5c, tabel 4.1). Titik 4 menunjukkan peningkatan curah hujan mempengaruhi penambahan massa, ditunjukkan dengan nilai korelasi 0.641. Dan, titik 5 menunjukkan peningkatan curah hujan cukup mempengaruhi penambahan massa, hal ini ditunjukkan dengan nilai korelasi 0.448.

4.6 Analisa Perubahan Massa di Episenter Gempa Jawa Barat 7,7 Mw

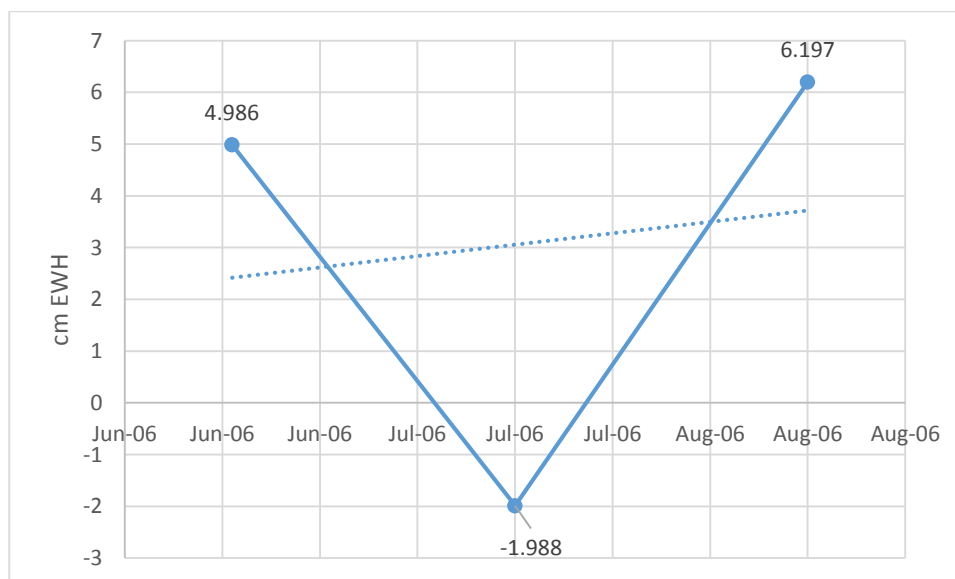
Pada model perubahan massa (gambar 4.1), dapat dilihat bahwa terjadi perubahan nilai *ewh* pada saat sebelum dan sesudah gempa, perubahan ini menunjukkan adanya perubahan massa bumi. Hal ini dapat dilihat sebagai indikasi bahwa Gempa 7,7 Mw mempunyai pengaruh terhadap perubahan massa di lokasi penelitian. Oleh karena itu, dilakukan analisa terhadap perubahan massa pada episenter Gempa 7,7 Mw pada sebelum dan sesudah gempa tersebut. Untuk itu, titik episenter Gempa 7,7 Mw kemudian diproyeksikan terhadap model perubahan massa pada sebelum dan sesudah gempa. Data lokasi episenter gempa yang terjadi

selama rentang waktu penelitian dengan nilai *equivalent water height* ditampilkan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Nilai perubahan *equivalent water height* pada titik episenter Gempa 7,7 Mw sebelum dan sesudah gempa.

Bulan/Tahun	Episenter Gempa 7,7 Mw		Nilai (cm EWH)
	Bujur	Lintang	
Jun-06	107,5	-9,5	+4.986
Jul-06	107,5	-9,5	-1.988
Ags-06	107,5	-9,5	+4.834

Dari hasil proyeksi yang dilakukan, hasil yang didapatkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4. Pada grafik tersebut, ditunjukkan bahwa pada saat sebelum gempa, nilai *ewh* berada di angka +4,986 cm mengalami penurunan yang signifikan menjadi -1,988. Kemudian pada saat sesudah gempa, nilai *ewh* naik menjadi angka +6,197. Pola ini menunjukkan bahwa adanya indikasi pengaruh gempa terhadap perubahan massa. Pola yang menurun dan meningkat pada grafik menunjukkan bahwa adanya perubahan massa yang terjadi. Dalam analisa ini perubahan massa yang diamati dibatasi hanya pada bulan Juni sampai dengan Agustus. Dikarenakan kejadian gempa terjadi pada bulan Juli, sehingga pola perubahan yang diamati hanya pada rentang waktu tersebut.



Gambar 4.6 Grafik *Time-Series* variasi *equivalent water height* pada titik epicenter Gempa 7,7 Mw.

Nilai positif dari *ewh* menunjukkan bahwa densitas massa tinggi pada waktu sebelum gempa dan sebaliknya angka negatif menunjukkan densitas massa rendah. Seperti yang dikemukakan oleh (Turcotte dan Schubert, 1982) bahwa topografi dengan densitas massa yang tinggi menghasilkan suatu anomali gayabarat positif, sedangkan topografi dengan densitas massa yang rendah menghasilkan nilai anomali gaya berat negatif. Anomali gaya berat saling berkaitan dengan Anomali massa, saling berbanding lurus. Oleh karena itu, perubahan massa yang ditandai dengan perubahan nilai *ewh* menunjukkan perubahan densitas massa. Perubahan massa sebelum dan sesudah Gempa 7,7 Mw menunjukkan bahwa adanya indikasi massa mengalami perubahan akibat gempa pada lokasi penelitian.

4.7 Analisa Prakiraan Perubahan Kuantitas Massa di Episenter Gempa

Untuk melihat seberapa besar perubahan massa yang terjadi pada episenter Gempa 7,7 Mw, maka dilakukan perhitungan matematis dengan menggunakan persamaan *ewh* seperti yang dirumuskan pada persamaan (2.17). Dengan menggunakan nilai perubahan *ewh* yang telah didapatkan, maka nilai anomali massa ($\Delta\sigma$) dapat dihitung. Nilai perubahan *ewh* dengan satuan cm dikonversi menjadi m kemudian dikalikan terhadap luasan area yang ingin dihitung, kemudian didapatkan volume dari air. Setelah itu dikalikan terhadap densitas air ($\rho_w = 1000\text{kg/m}^3$), maka didapatkan massa yang berubah di luasan area tersebut, dalam satuan (kg). Luasan area yang dihitung seperti pada gambar 4.1, dengan radius 100 km dari titik episenter Gempa 7,7 Mw. Secara matematis, ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{➤ } \Delta EWH &= EWH (Ags) - EWH (Jul) \\ &= 6,197 - (-1,988) = 8,185 \text{ cm} = 8,185 \times 10^{-2} \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{➤ } \text{Luas area} = \pi R^2 = 3,14 \times 100^2 = 3,14 \times 10^4 \text{ km}^2 = 3,14 \times 10^{12} \text{ m}^2$$

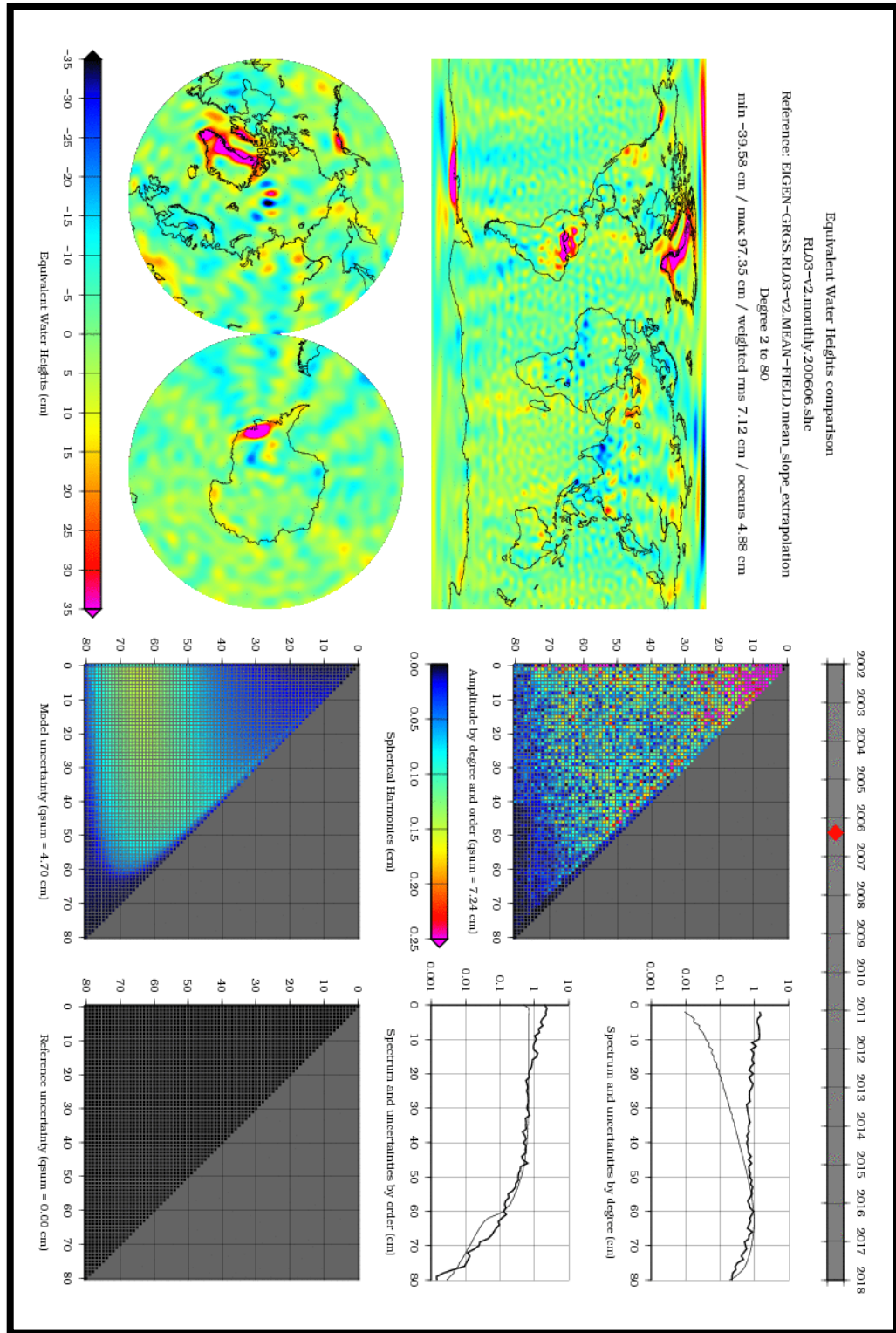
$$\text{➤ } \text{Volume} = (3,14 \times 10^{12}) \times (8,185 \times 10^{-2}) = 25,701 \times 10^{10} \text{ m}^3$$

$$\text{➤ } \Delta\sigma = 20,701 \times 10^{10} \times 1000 = 2,570 \times 10^{14} kg$$

Jadi, perubahan massa yang terjadi pada luasan area dengan radius 100 km dari episenter Gempa 7,7 Mw adalah sebesar **$2,570 \times 10^{14} kg$** .

LAMPIRAN

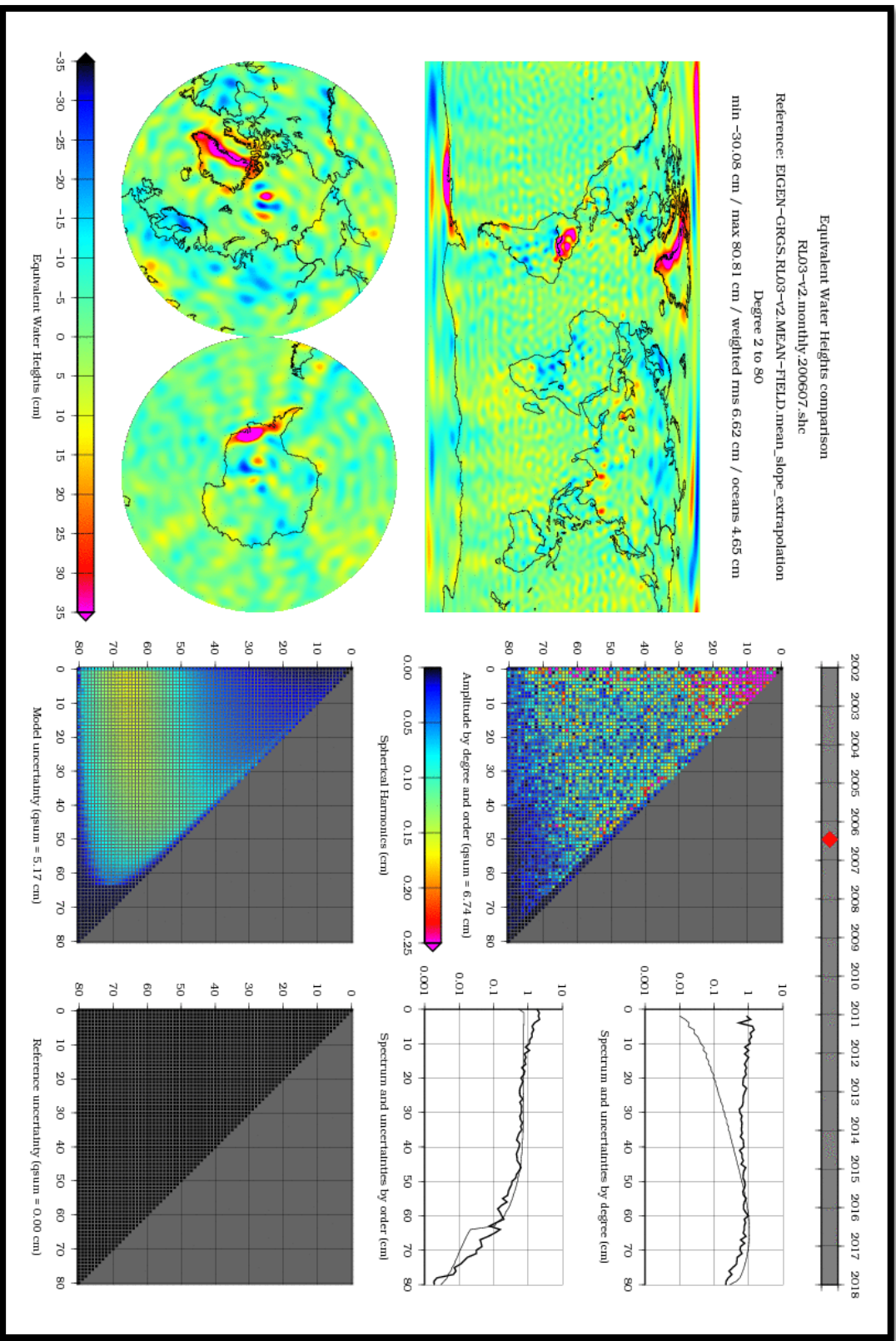
Lampiran 1. Data Bulanan Medan Gaya Berat Level-3 GRACE Citra dan Grid



```

# Center : CNES/GRGS
# Data : monthly gravity field model
# Form : Global grid of differences with static field
# Units : Equivalent Water Heights (cm H2O)
# Static field : CNES/GRGS reference static field for RL03-v2
# Degree : 2 to 80
# Date : 200606
# Version : CNES/GRGS release RL03-v2
# Processing info : No filtering applied a posteriori (stabilization during inversion)
# More info : http://grgs.obs-mip.fr/grace
# Format : lon, lat, value (cm H20)
# Date of creation : 20160530
0.500 -89.500 -0.683
1.500 -89.500 -0.584
2.500 -89.500 -0.484
3.500 -89.500 -0.383
4.500 -89.500 -0.281
5.500 -89.500 -0.178
6.500 -89.500 -0.074
7.500 -89.500 0.031
8.500 -89.500 0.137
9.500 -89.500 0.244
10.500 -89.500 0.352
11.500 -89.500 0.460
12.500 -89.500 0.570
13.500 -89.500 0.680
14.500 -89.500 0.791
15.500 -89.500 0.903
16.500 -89.500 1.015
17.500 -89.500 1.129
18.500 -89.500 1.242
19.500 -89.500 1.356

```

```

# Center : CNES/GRGS
# Data : monthly gravity field model
# Form : Global grid of differences with static field
# Units : Equivalent Water Heights (cm H2O)
# Static field : CNES/GRGS reference static field for RL03-v2
# Degree : 2 to 80
# Date : 200607
# Version : CNES/GRGS release RL03-v2
# Processing info : No filtering applied a posteriori (stabilization during inversion)
# More info : http://grgs.obs-mip.fr/grace
# Format : lon, lat, value (cm H2O)
# Date of creation : 20160530
0.500 -89.500 -6.775
1.500 -89.500 -6.655
2.500 -89.500 -6.536
3.500 -89.500 -6.417
4.500 -89.500 -6.297
5.500 -89.500 -6.178
6.500 -89.500 -6.058
7.500 -89.500 -5.939
8.500 -89.500 -5.819
9.500 -89.500 -5.700
10.500 -89.500 -5.581
11.500 -89.500 -5.461
12.500 -89.500 -5.343
13.500 -89.500 -5.224
14.500 -89.500 -5.105
15.500 -89.500 -4.987
16.500 -89.500 -4.869
17.500 -89.500 -4.752
18.500 -89.500 -4.635
19.500 -89.500 -4.518
20.500 -89.500 -4.401

```

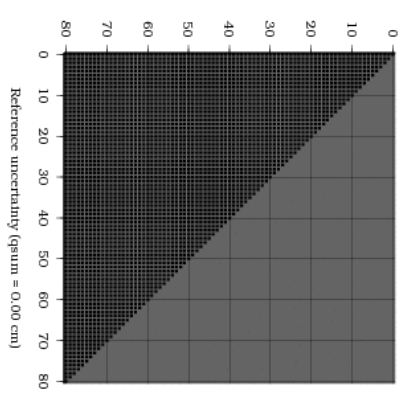
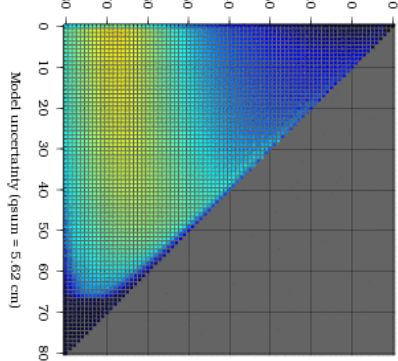
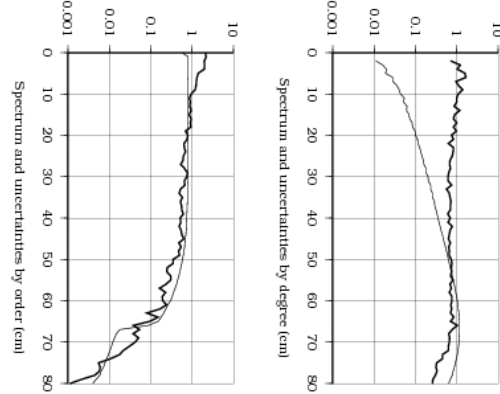
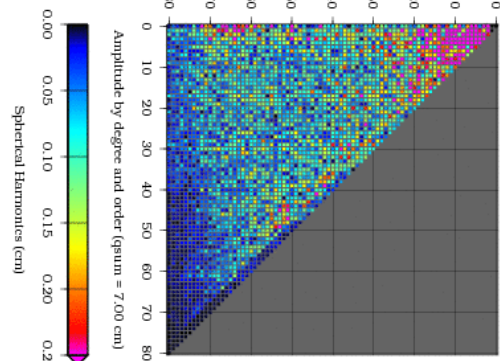
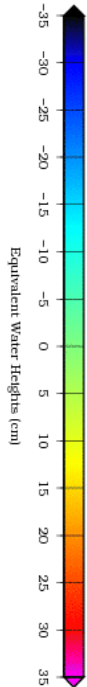
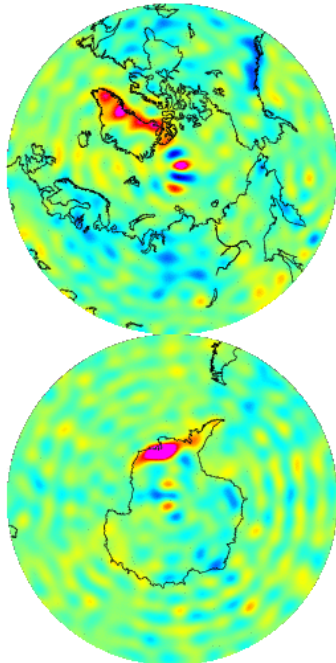
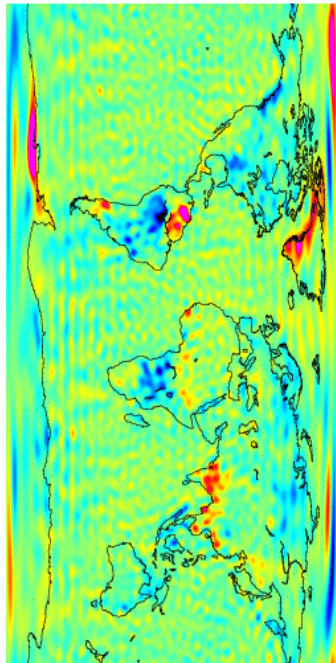
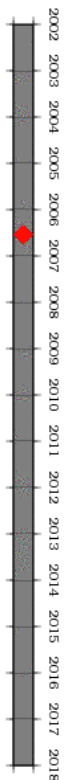
Equivalent Water Heights comparison

RL03-v2.monthly.200608.shc

Reference: EIGEN-GRGS,RL03-v2.MEAN-FIELD.mean_slope_extrapolation

Degree 2 to 80

min -42.60 cm / max 76.89 cm / weighted rms 6.89 cm / oceans 4.60 cm



```

# Center      : CNES/GRGS
# Data        : monthly gravity field model
# Form        : Global grid of differences with static field
# Units       : Equivalent Water Heights (cm H2O)
# Static field : CNES/GRGS reference static field for RL03-V2
# Degree      : 2 to 80
# Date        : 200608
# Version     : CNES/GRGS release RL03-V2
# Processing info : No filtering applied a posteriori (stabilization during inversion)
# More info    : http://grgs.obs-mip.fr/grace
# Format       : lon, lat, value (cm H20)
# Date of creation : 20160530
0.500 -89.500 -5.002
1.500 -89.500 -4.823
2.500 -89.500 -4.643
3.500 -89.500 -4.463
4.500 -89.500 -4.282
5.500 -89.500 -4.101
6.500 -89.500 -3.919
7.500 -89.500 -3.737
8.500 -89.500 -3.555
9.500 -89.500 -3.371
10.500 -89.500 -3.188
11.500 -89.500 -3.004
12.500 -89.500 -2.820
13.500 -89.500 -2.636
14.500 -89.500 -2.451
15.500 -89.500 -2.267
16.500 -89.500 -2.082
17.500 -89.500 -1.897
18.500 -89.500 -1.712
19.500 -89.500 -1.527
20.500 -89.500 -1.343

```

Lampiran 2. Data Distribusi Titik Kejadian Gempa

time	latitude	longitude	depth	mag	magType
2006-09-21T18:54:50.050Z	-9.05	110.365	25	6	mwc
2006-09-19T13:58:56.860Z	-9.902	107.346	12	5.9	mwb
2006-09-04T01:03:49.750Z	-9.264	107.544	10	5.1	mb
2006-08-30T17:43:58.280Z	-9.549	107.731	10	5	mb
2006-08-30T17:39:37.430Z	-9.483	107.768	10	5	mb
2006-08-29T20:59:17.080Z	-9.456	108.282	10	5	mb
2006-08-12T06:55:22.690Z	-9.691	107.588	10	5	mwc
2006-08-07T05:02:48.180Z	-9.07	108.052	10	5.1	mb
2006-07-29T09:16:53.530Z	-10.11	108.691	34.7	5.1	mb
2006-07-27T23:19:09.030Z	-9.595	107.356	11.2	5	mwc
2006-07-25T14:48:27.530Z	-9.312	108.521	10	5.2	mb
2006-07-25T14:01:26.350Z	-9.348	108.464	21.5	5.1	mb
2006-07-25T12:39:23.830Z	-9.26	108.408	10	5.3	mwc
2006-07-25T12:35:37.140Z	-9.305	108.401	10	5.2	mb
2006-07-25T12:34:59.170Z	-9.257	108.503	10	5.1	mb
2006-07-24T16:50:00.220Z	-9.59	107.694	10	5	mb
2006-07-24T16:33:57.090Z	-9.553	107.674	10	5.1	mb
2006-07-24T11:41:30.220Z	-9.642	107.607	10	5.2	mb
2006-07-24T01:23:26.020Z	-9.713	108.101	10	5.1	mb
2006-07-24T00:58:08.120Z	-9.535	107.467	25.4	5.1	mb
2006-07-23T19:43:04.270Z	-9.585	107.441	15.1	5	mb
2006-07-23T17:23:45.700Z	-9.584	107.435	19.2	5.1	mb
2006-07-23T06:53:31.260Z	-10.008	108.676	18.3	5	mb
2006-07-22T03:05:11.200Z	-9.687	108.821	10	5.2	mb
2006-07-21T10:11:09.610Z	-9.184	107.996	10	5	mb
2006-07-20T01:17:26.540Z	-9.11	108.034	10	5.1	mb
2006-07-19T22:47:03.490Z	-9.3	107.55	15.6	5	mb
2006-07-19T22:09:23.500Z	-9.332	108.537	8.4	5	mwc
2006-07-19T19:03:54.700Z	-9.485	108.059	10	5.2	mb
2006-07-19T12:01:57.510Z	-9.836	108.331	10	5	mb
2006-07-19T07:25:06.360Z	-9.543	107.241	10	5.7	mwb
2006-07-19T01:58:55.180Z	-9.216	108.373	10	5.5	mb
2006-07-18T19:13:40.180Z	-9.523	108.693	7.8	5	mb
2006-07-18T19:11:13.290Z	-9.473	108.622	34.9	5	mwc
2006-07-18T17:27:58.230Z	-9.275	107.735	30.3	5.2	mb
2006-07-18T15:48:31.970Z	-9.292	107.143	10	5	mb
2006-07-18T14:54:56.590Z	-9.01	107.743	11.9	5	mwc
2006-07-18T11:54:12.220Z	-9.441	108.089	35	5	mb
2006-07-18T05:06:30.460Z	-9.821	108.538	10	5.1	mb

time	latitude	longitude	depth	mag	magType
2006-07-18T04:18:23.280Z	-9.355	108.779	13.5	5.6	mwb
2006-07-18T04:05:48.990Z	-9.198	108.075	10	5.1	ms
2006-07-18T03:34:37.840Z	-9.293	108.53	10	5.3	mb
2006-07-18T02:59:12.330Z	-9.33	108.74	10	5	mb
2006-07-18T02:11:34.020Z	-9.025	107.867	10	5	mb
2006-07-18T02:04:45.960Z	-9.703	107.794	10	5	mb
2006-07-18T01:38:26.150Z	-9.561	107.619	31.3	5	mwc
2006-07-18T01:32:48.280Z	-9.183	108.262	34.9	5	mb
2006-07-18T00:15:48.640Z	-9.301	108.753	20	5.7	mwb
2006-07-17T23:36:35.510Z	-9.107	107.809	10	5.2	mb
2006-07-17T23:24:27.080Z	-9.342	108.696	10	5	mb
2006-07-17T21:49:04.430Z	-9.635	107.82	10	5	mb
2006-07-17T20:13:19.750Z	-9.326	108.547	26.7	5.1	mb
2006-07-17T19:49:33.240Z	-9.056	107.86	11.7	5.3	mwc
2006-07-17T19:44:10.960Z	-9.453	108.642	10	5.1	mb
2006-07-17T19:09:33.180Z	-9.091	107.84	21.9	5.2	mb
2006-07-17T19:00:50.940Z	-9.414	108.231	10	5	mb
2006-07-17T17:40:42.690Z	-9.785	108.329	10	5.1	mb
2006-07-17T16:38:38.920Z	-9.569	107.663	13.3	5.2	mwc
2006-07-17T16:27:37.960Z	-9.5	108.318	15.6	5.3	mb
2006-07-17T16:09:55.050Z	-9.369	108.774	26.9	5.9	mwc
2006-07-17T15:45:59.820Z	-9.42	108.319	21	6.1	mwb
2006-07-17T15:42:02.600Z	-9.529	107.71	12.7	5.5	mb
2006-07-17T15:30:26.820Z	-9.274	108.539	10	5.2	mb
2006-07-17T15:29:00.140Z	-9.22	107.306	0.8	5.3	mb
2006-07-17T15:28:44.490Z	-9.192	107.322	10	5.2	mb
2006-07-17T15:26:22.830Z	-9.057	107.928	32.4	5.3	mb
2006-07-17T15:21:04.720Z	-9.286	108.713	10	5.2	mb
2006-07-17T15:20:53.980Z	-9.383	108.675	12.2	5.4	mb
2006-07-17T15:09:14.660Z	-9.302	108.602	10	5.1	mb
2006-07-17T14:50:55.760Z	-9.241	107.139	10	5.1	mb
2006-07-17T13:56:56.260Z	-9.531	108.019	22.3	5	mb
2006-07-17T13:55:33.660Z	-9.106	107.797	25.7	5.1	mb
2006-07-17T13:53:48.440Z	-9.567	108.014	10	5.3	mb
2006-07-17T13:39:24.600Z	-9.995	107.937	13.3	5	mb
2006-07-17T13:04:06.460Z	-9.53	108.074	6.1	5.1	mb
2006-07-17T13:02:56.880Z	-9.036	107.891	10	5.2	mb
2006-07-17T12:52:12.630Z	-9.009	107.833	23.7	5.7	mwc
2006-07-17T11:40:07.350Z	-9.506	108.66	33.2	5	mb
2006-07-17T11:28:48.140Z	-9.293	108.573	33.8	5.3	mb
2006-07-17T11:24:44.500Z	-9.138	107.888	10	5.1	mb

time	latitude	longitude	depth	mag	magType
2006-07-17T11:15:35.640Z	-9.247	108.529	35	5.2	mb
2006-07-17T11:07:36.450Z	-9.506	107.649	35.2	5.9	mwc
2006-07-17T11:03:14.570Z	-9.345	107.386	10	5.2	mb
2006-07-17T10:44:31.930Z	-9.094	107.68	10	5.5	mb
2006-07-17T10:34:44.330Z	-9.3	107.834	27.4	5.1	mb
2006-07-17T10:26:45.700Z	-9.748	108.235	35	5.2	mb
2006-07-17T10:09:06.760Z	-9.032	107.733	10	5.9	mb
2006-07-17T10:00:19.750Z	-9.606	107.733	10	5.2	mb
2006-07-17T09:55:32.230Z	-9.455	107.758	10	5.1	mb
2006-07-17T09:55:07.990Z	-9.4	107.938	10	5.1	mb
2006-07-17T09:44:11.340Z	-9.533	107.903	19.4	5	mb
2006-07-17T09:13:04.960Z	-9.087	107.76	10	6	mwc
2006-07-17T09:05:17.360Z	-9.875	107.886	10	5.7	mb
2006-07-17T09:00:17.700Z	-9.68	107.516	24.9	5.5	mb
2006-07-17T08:41:17.210Z	-9.456	107.736	12.5	5.4	mb
2006-07-17T08:40:07.580Z	-9.46	107.706	10	5.2	mb
2006-07-17T08:38:16.580Z	-9.5	107.764	34.1	5.3	mb
2006-07-17T08:32:28.450Z	-9.281	107.347	17.5	5.6	mb
2006-07-17T08:19:26.680Z	-9.284	107.419	20	7.7	mwc
2006-05-26T22:53:58.920Z	-7.961	110.446	12.5	6.3	mwb
2006-05-20T06:15:43.400Z	-9.988	112.029	39.7	5	mb

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 3. Data Curah Hujan (TRMM)

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
0	105.875	-11.125	0.0942917	0.0097177	0.0452419	0.000125
1	106.125	-11.125	0.0599583	0.0090323	0.0216532	0.0001667
2	106.375	-11.125	0.0390417	0.0061693	0.0130242	0.0000833
3	106.625	-11.125	0.0282917	0.0158871	0.0054436	0.0004583
4	106.875	-11.125	0.0384167	0.0135484	0.0149194	0.0001667
5	107.125	-11.125	0.0399167	0.0193145	0.0175403	0.002625
6	107.375	-11.125	0.0364583	0.0185484	0.0052016	0.002
7	107.625	-11.125	0.0242083	0.0187097	0.0126613	0.0001667
8	107.875	-11.125	0.0134583	0.0091935	0.0096371	0.0000833
9	108.125	-11.125	0.0094167	0.0055242	0.0130242	0.0005417
10	108.375	-11.125	0.006625	0.0108871	0.0084274	0.001125
11	108.625	-11.125	0.0112083	0.0147177	0.0148387	0.0017917
12	108.875	-11.125	0.0199167	0.0183468	0.0128226	0.0034167
13	109.125	-11.125	0.0186667	0.0446371	0.0073387	0.002625
14	109.375	-11.125	0.025125	0.0342339	0.0030645	0.0000417
15	109.625	-11.125	0.0276667	0.0282258	0.0144355	0.0000833
16	109.875	-11.125	0.0532083	0.024879	0.0033468	0.000125
17	110.125	-11.125	0.0337083	0.0130242	0.0151613	0.0002917
18	110.375	-11.125	0.0359167	0.0158064	0.0120565	0.0015417
19	110.625	-11.125	0.0401667	0.0152016	0.0090726	0.0020417

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
20	110.875	11.125	0.0496667	0.0245565	0.0074194	0.00025
21	111.125	11.125	0.027875	0.0233468	0.0102016	0.000375
22	111.375	11.125	0.025625	0.0325806	0.0170565	0
23	111.625	11.125	0.032125	0.0515726	0.021129	0
24	111.875	11.125	0.0307083	0.0364919	0.0130242	0
25	112.125	11.125	0.0204167	0.0272984	0.0135484	0.0000417
26	112.375	11.125	0.0164167	0.0239516	0.0066532	0
27	112.625	11.125	0.0183333	0.0138306	0.0099597	0.0000833
28	112.875	11.125	0.015	0.0114113	0.010121	0.0003333
29	113.125	11.125	0.0047917	0.0058468	0.0110887	0.00025
30	113.375	11.125	0.0055417	0.0089919	0.0126613	0.0016667
31	113.625	11.125	0.0044583	0.0178226	0.0083065	0
32	113.875	11.125	0.00275	0.0208468	0.0051613	0
33	114.125	11.125	0.00425	0.0210081	0.0075	0.0010417
34	114.375	11.125	0.004375	0.0090726	0.003629	0
35	114.625	11.125	0.0035833	0.0088306	0.0032661	0.0002083
36	114.875	11.125	0.0023333	0.0016532	0.0027016	0.0001667
37	115.125	11.125	0.0062917	0.0007258	0.0008065	0.0024583
38	105.875	10.875	0.0364167	0.0131048	0.0294758	0.000125
39	106.125	10.875	0.0283333	0.0050403	0.0175	0.000875
40	106.375	10.875	0.0159167	0.0072984	0.0245565	0.0002083
41	106.625	10.875	0.03125	0.0092742	0.017621	0.0017083

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
42	106.875	- 10.875	0.02175	0.0243548	0.0119758	0.000375
43	107.125	- 10.875	0.0297083	0.0210081	0.0152823	0.0025417
44	107.375	- 10.875	0.0260417	0.0212097	0.0104839	0.0035417
45	107.625	- 10.875	0.016	0.0155242	0.0064113	0.0023333
46	107.875	- 10.875	0.0111667	0.0120565	0.0092742	0.0040417
47	108.125	- 10.875	0.003375	0.0022177	0.0101613	0.005125
48	108.375	- 10.875	0.007	0.0047984	0.0145161	0.00125
49	108.625	- 10.875	0.015	0.0082258	0.0105242	0.0008333
50	108.875	- 10.875	0.0152917	0.0112097	0.0097177	0.000375
51	109.125	- 10.875	0.0188333	0.0120968	0.00625	0.00025
52	109.375	- 10.875	0.0165417	0.0156048	0.0052419	0.0002917
53	109.625	- 10.875	0.0167083	0.0183468	0.0186694	0.0010833
54	109.875	- 10.875	0.0224167	0.0183065	0.0150806	0.0009583
55	110.125	- 10.875	0.0205833	0.0134677	0.0115323	0.0010833
56	110.375	- 10.875	0.0235417	0.0175403	0.0070565	0.0009583
57	110.625	- 10.875	0.03075	0.0241532	0.0106452	0.0001667
58	110.875	- 10.875	0.0221667	0.02	0.0075403	0.0000417
59	111.125	- 10.875	0.019625	0.0266532	0.0077823	0.000375
60	111.375	- 10.875	0.0150417	0.0455645	0.0084677	0.000375
61	111.625	- 10.875	0.028875	0.0667742	0.0078629	0
62	111.875	- 10.875	0.0196667	0.0562903	0.0074194	0
63	112.125	- 10.875	0.0225	0.0582258	0.0066935	0.0000417

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
64	112.375	10.875	0.0160833	0.0550807	0.0079436	0.0000417
65	112.625	10.875	0.0096667	0.0471371	0.0075806	0.0000417
66	112.875	10.875	0.0060833	0.0181048	0.0032258	0.0002083
67	113.125	10.875	0.0040417	0.0075806	0.0079032	0.000375
68	113.375	10.875	0.006125	0.0110484	0.0049597	0.0030417
69	113.625	10.875	0.004375	0.0078629	0.0005242	0
70	113.875	10.875	0.0024583	0.0093548	0.0018952	0
71	114.125	10.875	0.0052083	0.007621	0.002621	0
72	114.375	10.875	0.002875	0.0045161	0.002621	0.0000833
73	114.625	10.875	0.0032917	0.0031048	0.0009274	0.0003333
74	114.875	10.875	0.004375	0.0028226	0.0004032	0
75	115.125	10.875	0.0144583	0.0035887	0.0027016	0.0005833
76	105.875	10.625	0.0235417	0.015121	0.0119758	0.0002083
77	106.125	10.625	0.0207083	0.0062097	0.0150403	0.001
78	106.375	10.625	0.017	0.0128629	0.0098387	0.0018333
79	106.625	10.625	0.0230833	0.0177823	0.0052419	0.0035417
80	106.875	10.625	0.0210833	0.0299597	0.0075403	0.0009583
81	107.125	10.625	0.0295417	0.0295161	0.0205242	0.0049583
82	107.375	10.625	0.0335	0.0233468	0.0221371	0.0025
83	107.625	10.625	0.02725	0.011371	0.0125806	0.0011667
84	107.875	10.625	0.0295417	0.0138306	0.0145968	0.0001667
85	108.125	10.625	0.0142917	0.0081048	0.0162097	0.00025

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
86	108.375	- 10.625	0.018625	0.0104839	0.0064113	0.0000833
87	108.625	- 10.625	0.020375	0.0121774	0.0090726	0
88	108.875	- 10.625	0.022125	0.0158871	0.0145565	0.00025
89	109.125	- 10.625	0.0279583	0.0175403	0.0085887	0.0003333
90	109.375	- 10.625	0.0227917	0.02	0.0080242	0.001125
91	109.625	- 10.625	0.0262917	0.0231855	0.0126613	0.0037083
92	109.875	- 10.625	0.012125	0.0264516	0.0215323	0.0004167
93	110.125	- 10.625	0.0190417	0.0245968	0.0234274	0.00075
94	110.375	- 10.625	0.0135417	0.0214113	0.0078226	0.00025
95	110.625	- 10.625	0.0190833	0.0295565	0.0235081	0.0004167
96	110.875	- 10.625	0.016125	0.0291129	0.0147581	0.0000833
97	111.125	- 10.625	0.014375	0.0529436	0.0106048	0
98	111.375	- 10.625	0.0143333	0.0554032	0.0085484	0
99	111.625	- 10.625	0.0197083	0.0521774	0.0096774	0.0000417
100	111.875	- 10.625	0.0142083	0.0377823	0.0110081	0.0000417
101	112.125	- 10.625	0.0069167	0.0335887	0.0121774	0
102	112.375	- 10.625	0.0124583	0.0528226	0.0057258	0.0000833
103	112.625	- 10.625	0.0052917	0.0462097	0.0039516	0
104	112.875	- 10.625	0.00625	0.0150806	0.0027016	0
105	113.125	- 10.625	0.0045417	0.0089919	0.0008871	0
106	113.375	- 10.625	0.002125	0.0182661	0.0010887	0.004
107	113.625	- 10.625	0.0010833	0.0070161	0.0015726	0.0000417

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
108	113.875	10.625	0.0036667	0.00875	0.00125	0
109	114.125	10.625	0.0068333	0.0068548	0.0019758	0
110	114.375	10.625	0.00525	0.0107258	0.0007661	0.0000833
111	114.625	10.625	0.0047083	0.0116935	0.0017339	0.000125
112	114.875	10.625	0.0073333	0.0083065	0.0007258	0.0002083
113	115.125	10.625	0.030375	0.0108468	0.0024193	0.0015417
114	105.875	10.375	0.0301667	0.0126613	0.0099194	0.002375
115	106.125	10.375	0.0235	0.0093548	0.0155242	0.000875
116	106.375	10.375	0.024625	0.0205242	0.0099194	0.0012917
117	106.625	10.375	0.012875	0.0229435	0.0089516	0.0039167
118	106.875	10.375	0.0155833	0.0260484	0.0048387	0.0024167
119	107.125	10.375	0.0200417	0.0220565	0.0155645	0.0060417
120	107.375	10.375	0.0381667	0.0260484	0.0201613	0.0055833
121	107.625	10.375	0.0354583	0.0297581	0.0133468	0.0034583
122	107.875	10.375	0.04125	0.0236694	0.0112097	0.0004167
123	108.125	10.375	0.0373333	0.0145968	0.0156048	0.0000833
124	108.375	10.375	0.024375	0.0183871	0.0024597	0
125	108.625	10.375	0.02375	0.0219758	0.0109274	0.00025
126	108.875	10.375	0.01975	0.0268145	0.0077016	0.000375
127	109.125	10.375	0.0169167	0.0246774	0.0019758	0.0000417
128	109.375	10.375	0.0232917	0.0220565	0.0059274	0.0015
129	109.625	10.375	0.0132083	0.02375	0.0035484	0.00125

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
130	109.875	- 10.375	0.0112917	0.0266129	0.0082661	0.000625
131	110.125	- 10.375	0.0148333	0.0252419	0.0106048	0.0002083
132	110.375	- 10.375	0.0132083	0.0235081	0.0056855	0.0002083
133	110.625	- 10.375	0.0147917	0.0257661	0.0103629	0.0002917
134	110.875	- 10.375	0.008375	0.0360887	0.0117339	0.0005833
135	111.125	- 10.375	0.005375	0.0520968	0.0139919	0
136	111.375	- 10.375	0.00625	0.0443952	0.0093548	0
137	111.625	- 10.375	0.00925	0.0356452	0.0109677	0
138	111.875	- 10.375	0.0137917	0.0245161	0.0130242	0
139	112.125	- 10.375	0.004125	0.0196774	0.0064516	0.0001667
140	112.375	- 10.375	0.0035	0.0172581	0.0031452	0
141	112.625	- 10.375	0.0027083	0.0164113	0.0028629	0
142	112.875	- 10.375	0.0035417	0.0099597	0.0020564	0
143	113.125	- 10.375	0.0040417	0.00375	0.0005242	0
144	113.375	- 10.375	0.00325	0.0026613	0	0.0015
145	113.625	- 10.375	0.0031667	0.0029436	0.000121	0.00075
146	113.875	- 10.375	0.0022083	0.0062903	0.00125	0
147	114.125	- 10.375	0.0077083	0.0037903	0.0008065	0
148	114.375	- 10.375	0.0090833	0.01	0.0010484	0
149	114.625	- 10.375	0.01	0.0167742	0.0006048	0
150	114.875	- 10.375	0.00425	0.0151613	0.0005242	0
151	115.125	- 10.375	0.0204583	0.0040323	0.0001613	0

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
152	105.875	- 10.125	0.0339583	0.0154032	0.0146371	0.0003333
153	106.125	- 10.125	0.0245	0.008629	0.0158871	0.0009167
154	106.375	- 10.125	0.0219167	0.011129	0.0105645	0.0065
155	106.625	- 10.125	0.013375	0.0093145	0.0075806	0.00325
156	106.875	- 10.125	0.0169583	0.0061693	0.0080242	0.0000833
157	107.125	- 10.125	0.0192083	0.0166935	0.0053226	0.00325
158	107.375	- 10.125	0.0243333	0.03	0.0098387	0.0077917
159	107.625	- 10.125	0.026	0.0271371	0.0117742	0.0035417
160	107.875	- 10.125	0.0335833	0.0268548	0.0141935	0.0021667
161	108.125	- 10.125	0.0319167	0.02125	0.0099597	0.00025
162	108.375	- 10.125	0.0264583	0.0282258	0.0035484	0
163	108.625	- 10.125	0.0318333	0.0249597	0.0058871	0.0009167
164	108.875	- 10.125	0.0138333	0.0224194	0.0062903	0
165	109.125	- 10.125	0.014375	0.0194758	0.0037097	0.0000833
166	109.375	- 10.125	0.017125	0.0202419	0.0039113	0.0003333
167	109.625	- 10.125	0.0180833	0.0193548	0.0031048	0.0009583
168	109.875	- 10.125	0.016875	0.0208065	0.0081855	0.0005417
169	110.125	- 10.125	0.016625	0.0239113	0.0108065	0.00025
170	110.375	- 10.125	0.012375	0.0250806	0.0037097	0.0003333
171	110.625	- 10.125	0.015875	0.0231855	0.0071774	0.0008333
172	110.875	- 10.125	0.0088333	0.0256452	0.0156048	0.0042083
173	111.125	- 10.125	0.005125	0.0295565	0.0189516	0.0008333

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
174	111.375	10.125	0.0075	0.0341129	0.0029436	0.000375
175	111.625	10.125	0.0084167	0.0278226	0.0023387	0.000375
176	111.875	10.125	0.0102917	0.0115726	0.0029839	0
177	112.125	10.125	0.0097917	0.0099597	0.0005242	0
178	112.375	10.125	0.0045417	0.0083468	0.0003226	0
179	112.625	10.125	0.0025417	0.0075806	0.0006855	0
180	112.875	10.125	0.0023333	0.0096371	0.0001613	0
181	113.125	10.125	0.0040833	0.0044758	0.000121	0
182	113.375	10.125	0.010125	0.0035081	0	0.0000833
183	113.625	10.125	0.008125	0.0074194	0.0000403	0
184	113.875	10.125	0.0048333	0.0129032	0.0000403	0
185	114.125	10.125	0.02425	0.0124194	0.0000806	0
186	114.375	10.125	0.04525	0.0105242	0.0003226	0
187	114.625	10.125	0.0172083	0.0091935	0.0002419	0
188	114.875	10.125	0.005875	0.0038306	0.0010081	0
189	115.125	10.125	0.022	0.00375	0.0002016	0
190	105.875	-9.875	0.0241667	0.0029839	0.0243548	0.00325
191	106.125	-9.875	0.0214583	0.0042339	0.0121774	0.0044583
192	106.375	-9.875	0.0269583	0.0018952	0.0052823	0.0065417
193	106.625	-9.875	0.0283333	0.0047177	0.006129	0.000375
194	106.875	-9.875	0.0233333	0.0087097	0.0087097	0.0008333
195	107.125	-9.875	0.0195417	0.0143548	0.0206452	0.0073333
196	107.375	-9.875	0.024875	0.0171774	0.0153226	0.00575
197	107.625	-9.875	0.0216667	0.0158468	0.0195161	0.00375
198	107.875	-9.875	0.0212083	0.0145968	0.0087097	0.0019167
199	108.125	-9.875	0.0254167	0.0188306	0.002379	0
200	108.375	-9.875	0.0255833	0.0268548	0.0025403	0

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
201	108.625	-9.875	0.03375	0.0268548	0.0020564	0
202	108.875	-9.875	0.0192083	0.0203629	0.0042742	0.00025
203	109.125	-9.875	0.0112083	0.013871	0.0082258	0
204	109.375	-9.875	0.0178333	0.0131048	0.0122177	0.0000417
205	109.625	-9.875	0.0190833	0.0131452	0.0061693	0.0000417
206	109.875	-9.875	0.0140417	0.0122177	0.0039113	0
207	110.125	-9.875	0.010875	0.0267742	0.0098387	0.0002083
208	110.375	-9.875	0.008875	0.026129	0.0029436	0.0003333
209	110.625	-9.875	0.0073333	0.015	0.0074597	0.00025
210	110.875	-9.875	0.004	0.0120565	0.0033871	0.00175
211	111.125	-9.875	0.0054167	0.0203629	0.0027016	0.0030417
212	111.375	-9.875	0.0091667	0.0210887	0.0032661	0.0018333
213	111.625	-9.875	0.0067083	0.0099194	0.0005242	0.0020833
214	111.875	-9.875	0.0117083	0.0074597	0.0001613	0
215	112.125	-9.875	0.0085417	0.011371	0.0000403	0.0000833
216	112.375	-9.875	0.004375	0.0105645	0	0
217	112.625	-9.875	0.0055	0.0122177	0.0008468	0.0000417
218	112.875	-9.875	0.009375	0.0108871	0.0012903	0
219	113.125	-9.875	0.0099583	0.0070968	0.0012903	0.0003333
220	113.375	-9.875	0.008	0.0085887	0	0.0005417
221	113.625	-9.875	0.0085	0.0053629	0.000121	0
222	113.875	-9.875	0.0067083	0.0076613	0.0000403	0
223	114.125	-9.875	0.0164167	0.0077823	0.0002823	0.0000417
224	114.375	-9.875	0.021625	0.0106855	0.0031048	0
225	114.625	-9.875	0.018625	0.01	0.0002419	0
226	114.875	-9.875	0.0137917	0.0047984	0.0015323	0
227	115.125	-9.875	0.020375	0.0081452	0.005121	0.00225
228	105.875	-9.625	0.0205833	0.0034677	0.0122581	0.0014167
229	106.125	-9.625	0.0203333	0.0039919	0.005121	0.0006667
230	106.375	-9.625	0.0234583	0.0023387	0.0033065	0.000125
231	106.625	-9.625	0.0285417	0.0025403	0.0021371	0.001
232	106.875	-9.625	0.032625	0.0025403	0.0064919	0.0049583
233	107.125	-9.625	0.019375	0.0050403	0.0194355	0.0047917
234	107.375	-9.625	0.0231667	0.0110887	0.0176613	0.005375
235	107.625	-9.625	0.022375	0.0169758	0.0213306	0.005
236	107.875	-9.625	0.016	0.0221371	0.009879	0.0024583
237	108.125	-9.625	0.0125833	0.0206452	0.0044758	0
238	108.375	-9.625	0.0125417	0.0351613	0.0033065	0.0000417
239	108.625	-9.625	0.0131667	0.0328226	0.0041935	0

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
240	108.875	-9.625	0.0107917	0.0314113	0.0106452	0
241	109.125	-9.625	0.0064583	0.0104839	0.0101613	0.0000417
242	109.375	-9.625	0.0070833	0.0110484	0.0096371	0.0000417
243	109.625	-9.625	0.0124583	0.0083468	0.0089919	0.0000833
244	109.875	-9.625	0.0065833	0.01	0.0062097	0.0003333
245	110.125	-9.625	0.009625	0.0110484	0.0058064	0.00025
246	110.375	-9.625	0.007875	0.0131452	0.0054436	0
247	110.625	-9.625	0.00675	0.0106855	0.0034677	0.00025
248	110.875	-9.625	0.0049167	0.0188306	0.0035887	0.0000417
249	111.125	-9.625	0.0035	0.0221774	0.0006855	0
250	111.375	-9.625	0.0049583	0.0082258	0.0007661	0.0020833
251	111.625	-9.625	0.0072083	0.0067742	0.0000403	0.0038333
252	111.875	-9.625	0.0075833	0.0049194	0.0004435	0.0000417
253	112.125	-9.625	0.008875	0.0129839	0.0009274	0
254	112.375	-9.625	0.006	0.0096371	0.0004032	0
255	112.625	-9.625	0.0037083	0.0097581	0	0
256	112.875	-9.625	0.0057083	0.0083871	0.0031048	0
257	113.125	-9.625	0.00725	0.0049194	0.0020161	0.0003333
258	113.375	-9.625	0.00525	0.0028226	0.0030242	0.0005
259	113.625	-9.625	0.0060417	0.0046774	0.0007661	0.0001667
260	113.875	-9.625	0.0040833	0.0118952	0	0
261	114.125	-9.625	0.0054583	0.0085484	0.0013306	0
262	114.375	-9.625	0.0097083	0.0050806	0.0043145	0.0000417
263	114.625	-9.625	0.0106667	0.0008065	0	0
264	114.875	-9.625	0.014875	0.0007258	0	0
265	115.125	-9.625	0.0128333	0.0025806	0	0.0032917
266	105.875	-9.375	0.0196667	0.001129	0.0023387	0.000625
267	106.125	-9.375	0.0215	0.0024193	0.0010484	0.0012917
268	106.375	-9.375	0.0239583	0.0014516	0.0064113	0.0004167
269	106.625	-9.375	0.0185417	0.0019355	0.0078629	0.0006667
270	106.875	-9.375	0.018875	0.0049597	0.0070968	0.0002917
271	107.125	-9.375	0.015875	0.0085081	0.0180242	0.0020417
272	107.375	-9.375	0.0144583	0.011371	0.0131048	0.0010833
273	107.625	-9.375	0.0176667	0.0218952	0.0219355	0.0002083
274	107.875	-9.375	0.022	0.0316129	0.0099597	0.0021667
275	108.125	-9.375	0.0103333	0.0340323	0.005	0.0020417
276	108.375	-9.375	0.0139167	0.0364113	0.0083065	0
277	108.625	-9.375	0.0140417	0.0510887	0.0073387	0.0011667
278	108.875	-9.375	0.0077917	0.0316532	0.0060887	0.0000833

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
279	109.125	-9.375	0.0055833	0.0131452	0.0064516	0
280	109.375	-9.375	0.006625	0.011371	0.0066532	0
281	109.625	-9.375	0.0079167	0.0067339	0.0022581	0
282	109.875	-9.375	0.003625	0.0052016	0.0016532	0.0000417
283	110.125	-9.375	0.0095	0.0075403	0.0035484	0.0000417
284	110.375	-9.375	0.0085	0.0068952	0.0030242	0.0000417
285	110.625	-9.375	0.0067917	0.0115726	0.0021371	0.0011667
286	110.875	-9.375	0.005625	0.0168548	0.0013306	0
287	111.125	-9.375	0.0030417	0.0084274	0	0.0001667
288	111.375	-9.375	0.0025833	0.0030645	0.0012097	0.0012917
289	111.625	-9.375	0.009	0.0030645	0.0008871	0.002625
290	111.875	-9.375	0.0089167	0.0034274	0.0003629	0.0012917
291	112.125	-9.375	0.0052083	0.0079032	0.0006048	0.0004583
292	112.375	-9.375	0.0041667	0.0027016	0.0003226	0
293	112.625	-9.375	0.00525	0.0035887	0.000121	0
294	112.875	-9.375	0.0061667	0.0035484	0.0008065	0
295	113.125	-9.375	0.0095	0.0004435	0.0055645	0.0002917
296	113.375	-9.375	0.0063333	0.0025403	0.0045161	0.000125
297	113.625	-9.375	0.0042917	0.0034274	0.0014516	0
298	113.875	-9.375	0.00175	0.0122984	0.0006452	0
299	114.125	-9.375	0.0035833	0.0042742	0.0018952	0.0002083
300	114.375	-9.375	0.00725	0.0036693	0.0008871	0.0002083
301	114.625	-9.375	0.0107917	0.0009274	0	0
302	114.875	-9.375	0.00925	0.0007661	0.001129	0
303	115.125	-9.375	0.011375	0.0009677	0.0003226	0
304	105.875	-9.125	0.0342083	0.0021774	0.0002016	0.0007917
305	106.125	-9.125	0.02675	0.0035484	0.0012097	0.0017083
306	106.375	-9.125	0.0234583	0.0031855	0.0067742	0.00025
307	106.625	-9.125	0.0305	0.0048387	0.0117339	0.000875
308	106.875	-9.125	0.0222917	0.0047581	0.0127419	0.000125
309	107.125	-9.125	0.0092917	0.0082258	0.0209274	0.0002083
310	107.375	-9.125	0.016	0.0096371	0.0235887	0
311	107.625	-9.125	0.0166667	0.021371	0.0217742	0.0000833
312	107.875	-9.125	0.0157917	0.0291129	0.0210484	0.000625
313	108.125	-9.125	0.0131667	0.0302419	0.0030242	0.0046667
314	108.375	-9.125	0.0117083	0.0412097	0.003629	0.002375
315	108.625	-9.125	0.0124583	0.0518548	0.0084677	0.0011667
316	108.875	-9.125	0.0075833	0.0441532	0.0031048	0
317	109.125	-9.125	0.0046667	0.0252016	0.002621	0

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
318	109.375	-9.125	0.0039583	0.0149194	0.0006048	0
319	109.625	-9.125	0.0057917	0.0094758	0.0025403	0.0000417
320	109.875	-9.125	0.0022917	0.0038306	0.0056855	0
321	110.125	-9.125	0.0025833	0.0043548	0.0018952	0
322	110.375	-9.125	0.005125	0.0022984	0.0016532	0.0000833
323	110.625	-9.125	0.0095	0.0068952	0.0019355	0.0001667
324	110.875	-9.125	0.0056667	0.0132661	0.0025403	0
325	111.125	-9.125	0.0025	0.006371	0.0001613	0.002625
326	111.375	-9.125	0.0027917	0.0156855	0	0.0061667
327	111.625	-9.125	0.0184167	0.015	0.0007258	0.0055
328	111.875	-9.125	0.017125	0.01125	0.0005242	0.00275
329	112.125	-9.125	0.0031667	0.0043548	0.0000403	0.0052083
330	112.375	-9.125	0.0032917	0.0029436	0.0006855	0.0039583
331	112.625	-9.125	0.0045	0.0016129	0.0002419	0
332	112.875	-9.125	0.0077917	0.0027419	0.0006855	0
333	113.125	-9.125	0.008875	0.0010484	0.0041129	0
334	113.375	-9.125	0.0063333	0.0018145	0.0043952	0.0000833
335	113.625	-9.125	0.001125	0.0044758	0.005	0.0000417
336	113.875	-9.125	0.001125	0.0049597	0.0047581	0.0001667
337	114.125	-9.125	0.0001667	0.0067339	0.0043548	0.001375
338	114.375	-9.125	0	0.0039516	0.002621	0.0031667
339	114.625	-9.125	0.001	0.0060484	0.0000403	0.002375
340	114.875	-9.125	0.0057917	0.0050806	0.002379	0.0008333
341	115.125	-9.125	0.0089583	0.0104435	0.0035081	0
342	105.875	-8.875	0.0642083	0.0227419	0.0019355	0.0001667
343	106.125	-8.875	0.0730833	0.0073387	0.0024193	0.000375
344	106.375	-8.875	0.0490833	0.0103629	0.0059274	0.000125
345	106.625	-8.875	0.0577083	0.0247177	0.0101613	0
346	106.875	-8.875	0.033	0.0255242	0.009879	0.0000833
347	107.125	-8.875	0.040375	0.0344355	0.0221774	0
348	107.375	-8.875	0.0330417	0.0312097	0.0245565	0.000125
349	107.625	-8.875	0.0302917	0.0518952	0.0269355	0.0041667
350	107.875	-8.875	0.03	0.0579435	0.025121	0.0070833
351	108.125	-8.875	0.0199583	0.0312903	0.0179032	0.0039583
352	108.375	-8.875	0.0129167	0.0408468	0.0136694	0.00025
353	108.625	-8.875	0.0105833	0.036129	0.0097581	0
354	108.875	-8.875	0.013125	0.0381452	0.006129	0.0001667
355	109.125	-8.875	0.0041667	0.0329839	0.0013306	0
356	109.375	-8.875	0.0075417	0.0104839	0.0007661	0.0000833

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
357	109.625	-8.875	0.011375	0.0038306	0.0049597	0.0000833
358	109.875	-8.875	0.0118333	0.0014516	0.0107661	0
359	110.125	-8.875	0.0124253	0.0076228	0.005886	0
360	110.375	-8.875	0.0083976	0.0058956	0.0045799	0.0000259
361	110.625	-8.875	0.009918	0.0108367	0.006554	0.0001553
362	110.875	-8.875	0.0110055	0.0173968	0.0049377	0
363	111.125	-8.875	0.0182722	0.0342982	0.0123932	0.021554
364	111.375	-8.875	0.0213317	0.0461461	0.0149277	0.0309473
365	111.625	-8.875	0.0336058	0.061889	0.0252533	0.0461565
366	111.875	-8.875	0.0353307	0.0600793	0.0286276	0.0488946
367	112.125	-8.875	0.0408678	0.0663139	0.0413211	0.0614481
368	112.375	-8.875	0.0431638	0.0707371	0.0450129	0.0646958
369	112.625	-8.875	0.0540597	0.072644	0.0468145	0.0636222
370	112.875	-8.875	0.0591196	0.0742937	0.0440378	0.0600009
371	113.125	-8.875	0.0673647	0.0748327	0.0372035	0.0522565
372	113.375	-8.875	0.0671302	0.0750143	0.0340917	0.0476127
373	113.625	-8.875	0.0809979	0.0782373	0.0285899	0.0381071
374	113.875	-8.875	0.0863091	0.080466	0.030069	0.0357496
375	114.125	-8.875	0.0786699	0.0708553	0.0255193	0.0319985
376	114.375	-8.875	0.0836428	0.0727264	0.0251217	0.0301575
377	114.625	-8.875	0.0848955	0.0703773	0.0240889	0.0240134
378	114.875	-8.875	0.0808758	0.0690511	0.0242708	0.0220867
379	115.125	-8.875	0.0692952	0.0724536	0.0226648	0.0170927
380	105.875	-8.625	0.073875	0.0235081	0.0002823	0.0000417
381	106.125	-8.625	0.0657917	0.0250806	0.0011693	0.000125
382	106.375	-8.625	0.047375	0.0246774	0.0012903	0.000125
383	106.625	-8.625	0.0559583	0.0295161	0.0040726	0.0035833
384	106.875	-8.625	0.0476667	0.0222984	0.0114919	0.0042917
385	107.125	-8.625	0.0317083	0.0253629	0.0171371	0
386	107.375	-8.625	0.0419583	0.0180242	0.0210887	0.0004583
387	107.625	-8.625	0.06975	0.0529436	0.0244758	0
388	107.875	-8.625	0.0674167	0.0535484	0.0171774	0.000125
389	108.125	-8.625	0.0259583	0.0279032	0.0193145	0.0000833
390	108.375	-8.625	0.0209583	0.0241532	0.0220968	0.0000417
391	108.625	-8.625	0.0123333	0.0117742	0.0213306	0.0000833
392	108.875	-8.625	0.01875	0.0160887	0.0114113	0.0001667
393	109.125	-8.625	0.0105417	0.0075403	0.0054032	0.000125
394	109.375	-8.625	0.004	0.0035887	0.0025403	0
395	109.625	-8.625	0.006375	0.0062903	0.0106855	0.0004167

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
396	109.875	-8.625	0.011625	0.0080242	0.0163306	0
397	110.125	-8.625	0.0106999	0.0109059	0.0060174	0.0000518
398	110.375	-8.625	0.0071872	0.0094619	0.000564	0
399	110.625	-8.625	0.0072787	0.011177	0.0039042	0
400	110.875	-8.625	0.0081629	0.0125169	0.0045233	0.0000259
401	111.125	-8.625	0.0183159	0.0328372	0.0132353	0.0230597
402	111.375	-8.625	0.0203167	0.0469306	0.0173877	0.0317874
403	111.625	-8.625	0.0265071	0.0569027	0.0233747	0.0418609
404	111.875	-8.625	0.0298785	0.0560238	0.0280982	0.0472434
405	112.125	-8.625	0.0397606	0.0658866	0.0419305	0.0611309
406	112.375	-8.625	0.0450359	0.0713671	0.0472753	0.0674392
407	112.625	-8.625	0.0525541	0.0769958	0.0498649	0.066021
408	112.875	-8.625	0.0570484	0.0745845	0.0457024	0.0608432
409	113.125	-8.625	0.0660683	0.0748927	0.0357935	0.049538
410	113.375	-8.625	0.0718456	0.0771348	0.03436	0.0451854
411	113.625	-8.625	0.0781915	0.0770091	0.0288769	0.0385211
412	113.875	-8.625	0.0845681	0.0798739	0.0297309	0.0359267
413	114.125	-8.625	0.0788532	0.0726812	0.0302949	0.0307388
414	114.375	-8.625	0.0960568	0.0837665	0.0384648	0.0321887
415	114.625	-8.625	0.0970315	0.0792764	0.0360061	0.0269338
416	114.875	-8.625	0.0816736	0.0699498	0.0226942	0.022338
417	115.125	-8.625	0.066382	0.0572995	0.0225479	0.0197976
418	105.875	-8.375	0.0430417	0.0024597	0.0025403	0.000375
419	106.125	-8.375	0.0498333	0.0036693	0.002379	0.0000833
420	106.375	-8.375	0.043375	0.0001613	0.0047177	0.0000833
421	106.625	-8.375	0.0457083	0.0005242	0.0076613	0.0004583
422	106.875	-8.375	0.0313333	0.0015323	0.0052823	0.0000833
423	107.125	-8.375	0.0510417	0.0119758	0.0128629	0
424	107.375	-8.375	0.0710417	0.0058064	0.0140323	0.0000417
425	107.625	-8.375	0.0800417	0.0172984	0.0162097	0.001375
426	107.875	-8.375	0.123333	0.0352823	0.0156452	0
427	108.125	-8.375	0.0695	0.0154435	0.0160081	0
428	108.375	-8.375	0.05525	0.0120161	0.0216532	0
429	108.625	-8.375	0.0410833	0.0105645	0.0178226	0
430	108.875	-8.375	0.0469583	0.0110887	0.020121	0.000125
431	109.125	-8.375	0.016875	0.0043548	0.01	0
432	109.375	-8.375	0.0045417	0.0049194	0.006371	0
433	109.625	-8.375	0.0035417	0.0055645	0.0049597	0
434	109.875	-8.375	0.0011667	0.0047581	0.005	0.000625

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
435	110.125	-8.375	0.0092832	0.0099882	0.0016594	0.0005717
436	110.375	-8.375	0.0088419	0.0108643	0.0017664	0.0010169
437	110.625	-8.375	0.0069643	0.0051396	0	0
438	110.875	-8.375	0.0077214	0.0259456	0.0175245	0.018689
439	111.125	-8.375	0.017405	0.0403046	0.0199097	0.0314683
440	111.375	-8.375	0.0192941	0.05232	0.0239635	0.0385459
441	111.625	-8.375	0.025671	0.0588569	0.0291227	0.0453432
442	111.875	-8.375	0.0288414	0.0626166	0.03394	0.0511228
443	112.125	-8.375	0.0368188	0.0709091	0.0460346	0.0649753
444	112.375	-8.375	0.0412479	0.0768922	0.0538706	0.0744019
445	112.625	-8.375	0.0460344	0.0787109	0.0521475	0.0761706
446	112.875	-8.375	0.0512895	0.0668591	0.0420475	0.0564665
447	113.125	-8.375	0.0596505	0.0689657	0.0343167	0.0458836
448	113.375	-8.375	0.0653519	0.0694546	0.0307693	0.04054
449	113.625	-8.375	0.0710594	0.071714	0.0283126	0.0366708
450	113.875	-8.375	0.078274	0.0743642	0.0270591	0.0334089
451	114.125	-8.375	0.0744742	0.0667913	0.0258294	0.0278053
452	114.375	-8.375	0.0886775	0.0944764	0.063646	0.0290551
453	114.625	-8.375	0.0922929	0.0906285	0.0424572	0.0356704
454	114.875	-8.375	0.0776463	0.0633662	0.0234365	0.0211326
455	115.125	-8.375	0.0631764	0.0549859	0.0200876	0.0155183
456	105.875	-8.125	0.0460417	0.0015323	0.0018548	0.0000833
457	106.125	-8.125	0.0424167	0.00375	0.0052419	0.0004583
458	106.375	-8.125	0.0302083	0.0089516	0.0081452	0
459	106.625	-8.125	0.0255417	0.0182661	0.0021774	0
460	106.875	-8.125	0.0152917	0.0369355	0.0005645	0
461	107.125	-8.125	0.0309167	0.0372581	0.0032258	0.0003333
462	107.375	-8.125	0.0922084	0.0316936	0.0026613	0.0016667
463	107.625	-8.125	0.153708	0.0329436	0.00125	0.0009167
464	107.875	-8.125	0.145917	0.0315726	0.0127016	0
465	108.125	-8.125	0.112042	0.0114919	0.0183871	0.00025
466	108.375	-8.125	0.136583	0.0068145	0.0118952	0
467	108.625	-8.125	0.0903333	0.0067339	0.0097984	0.0009583
468	108.875	-8.125	0.0735833	0.0083468	0.009879	0.0006667
469	109.125	-8.125	0.0427917	0.0048387	0.0070968	0
470	109.375	-8.125	0.0094167	0.0041129	0.0001613	0.0000417
471	109.625	-8.125	0.0049167	0.0066129	0.0023387	0
472	109.875	-8.125	0.0106667	0.0039919	0	0.0005
473	110.125	-8.125	0.0111539	0.0086305	0.0004089	0.0010697

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
474	110.375	-8.125	0.007523	0.0103998	0.0119384	0.0199236
475	110.625	-8.125	0.0073918	0.0107077	0.0115513	0.0218288
476	110.875	-8.125	0.0079642	0.0167114	0.0114717	0.0189031
477	111.125	-8.125	0.0173522	0.0346126	0.0199732	0.0275393
478	111.375	-8.125	0.023883	0.0427205	0.0222686	0.033173
479	111.625	-8.125	0.0239203	0.049694	0.026555	0.0389892
480	111.875	-8.125	0.0225303	0.0533873	0.0298247	0.0442234
481	112.125	-8.125	0.0310466	0.0596746	0.0393487	0.0556928
482	112.375	-8.125	0.0336901	0.0632145	0.0433456	0.0620894
483	112.625	-8.125	0.0372853	0.0656628	0.0442402	0.0630408
484	112.875	-8.125	0.0418213	0.0556335	0.0362492	0.0481
485	113.125	-8.125	0.0490266	0.0578455	0.0309181	0.0397306
486	113.375	-8.125	0.0541902	0.0593737	0.0278277	0.0358691
487	113.625	-8.125	0.0600671	0.0612447	0.0259961	0.0321604
488	113.875	-8.125	0.074519	0.0639125	0.0238409	0.0284296
489	114.125	-8.125	0.0663921	0.0577694	0.0216336	0.0230207
490	114.375	-8.125	0.0698747	0.0622119	0.0266975	0.0195937
491	114.625	-8.125	0.0720813	0.0597636	0.0169817	0.0172201
492	114.875	-8.125	0.0702601	0.0581483	0.0224905	0.0162668
493	115.125	-8.125	0.0598063	0.0519645	0.020753	0.0146299
494	105.875	-7.875	0.100083	0.0218952	0.0012903	0
495	106.125	-7.875	0.139029	0.0726698	0.0217886	0.0056663
496	106.375	-7.875	0.136505	0.0709756	0.0220017	0.005651
497	106.625	-7.875	0.117496	0.0765289	0.0208764	0.0089244
498	106.875	-7.875	0.0960123	0.0747996	0.0204785	0.0108271
499	107.125	-7.875	0.0779766	0.0677832	0.0254101	0.029725
500	107.375	-7.875	0.0783403	0.0787099	0.024883	0.0340691
501	107.625	-7.875	0.084206	0.0784923	0.026623	0.0496061
502	107.875	-7.875	0.0742906	0.0661767	0.0346529	0.0544089
503	108.125	-7.875	0.0859241	0.0649615	0.0371382	0.0536875
504	108.375	-7.875	0.120986	0.0681625	0.0343378	0.0573699
505	108.625	-7.875	0.148536	0.0618255	0.0281935	0.0530596
506	108.875	-7.875	0.113522	0.0552446	0.0242743	0.0463548
507	109.125	-7.875	0.0670331	0.0411031	0.0181197	0.0329257
508	109.375	-7.875	0.0489854	0.0343973	0.0155954	0.0272195
509	109.625	-7.875	0.0328978	0.0166864	0.008224	0.0120399
510	109.875	-7.875	0.0292365	0.0131012	0.0053889	0.0084664
511	110.125	-7.875	0.0183952	0.0000135	0.000027	0
512	110.375	-7.875	0.015494	0.0013141	0.0067611	0.0106295

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
513	110.625	-7.875	0.0145304	0.0035084	0.0065541	0.0107323
514	110.875	-7.875	0.0166924	0.0122072	0.0171835	0.0134717
515	111.125	-7.875	0.023859	0.0238364	0.0168498	0.0165537
516	111.375	-7.875	0.0431539	0.0302918	0.0209405	0.0193128
517	111.625	-7.875	0.0285365	0.0376391	0.0244479	0.0225996
518	111.875	-7.875	0.0269793	0.0380742	0.0268309	0.025633
519	112.125	-7.875	0.0190847	0.0378055	0.024285	0.038592
520	112.375	-7.875	0.0144074	0.0423012	0.0259922	0.0430712
521	112.625	-7.875	0.0167695	0.0412011	0.0271077	0.0441996
522	112.875	-7.875	0.0235113	0.0320707	0.0232926	0.0317073
523	113.125	-7.875	0.031041	0.0406827	0.030041	0.0352352
524	113.375	-7.875	0.0362143	0.0427969	0.0282207	0.0332615
525	113.625	-7.875	0.0485829	0.0450069	0.0243043	0.0291385
526	113.875	-7.875	0.0431842	0.0463196	0.0204683	0.0244192
527	114.125	-7.875	0.05256	0.0413722	0.0078794	0
528	114.375	-7.875	0.0512361	0.0431326	0.0048531	0.0006768
529	114.625	-7.875	0.0546456	0.0451352	0.003931	0.0002941
530	114.875	-7.875	0.0543332	0.0440156	0.007584	0.0004105
531	115.125	-7.875	0.004625	0.0014919	0	0.0057083
532	105.875	-7.625	0.10425	0.0748387	0.0004032	0.000625
533	106.125	-7.625	0.148782	0.0741201	0.0227201	0.0089359
534	106.375	-7.625	0.151308	0.0714351	0.0241904	0.0098137
535	106.625	-7.625	0.134857	0.0726878	0.021154	0.0132929
536	106.875	-7.625	0.109201	0.0721567	0.0206797	0.0104484
537	107.125	-7.625	0.0754572	0.0664585	0.0252813	0.0305345
538	107.375	-7.625	0.0687202	0.064211	0.0245299	0.0365888
539	107.625	-7.625	0.0810105	0.0601809	0.0365038	0.0535843
540	107.875	-7.625	0.0904134	0.0648122	0.0338083	0.0604789
541	108.125	-7.625	0.0697985	0.0639599	0.046676	0.0674462
542	108.375	-7.625	0.0650432	0.0692866	0.030919	0.0598089
543	108.625	-7.625	0.0604871	0.0646766	0.028727	0.0570687
544	108.875	-7.625	0.0630313	0.0543572	0.0246896	0.0477004
545	109.125	-7.625	0.064651	0.0397766	0.0182526	0.031969
546	109.375	-7.625	0.0707044	0.0303634	0.0139846	0.023758
547	109.625	-7.625	0.0380632	0.0189609	0.0090114	0.0140945
548	109.875	-7.625	0.0409705	0.014143	0.0065393	0.0102499
549	110.125	-7.625	0.0380878	0	0	0
550	110.375	-7.625	0.0268139	0.0019167	0.0067695	0.0106604
551	110.625	-7.625	0.0152349	0.0034445	0.006563	0.0107807

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
552	110.875	-7.625	0.0164945	0.0059177	0.0062275	0.0114027
553	111.125	-7.625	0.0265723	0.0247306	0.0163596	0.015136
554	111.375	-7.625	0.0254079	0.023166	0.0187366	0.0179533
555	111.625	-7.625	0.0307471	0.0272206	0.0216696	0.0179567
556	111.875	-7.625	0.0262898	0.0291552	0.0223885	0.0207671
557	112.125	-7.625	0.0128004	0.0291794	0.0195739	0.0309744
558	112.375	-7.625	0.0122926	0.0302573	0.0202468	0.0348888
559	112.625	-7.625	0.0144257	0.0317297	0.0208507	0.0364775
560	112.875	-7.625	0.0151108	0.0252593	0.0157115	0.0244463
561	113.125	-7.625	0.0213848	0.0311346	0.0221066	0.0286729
562	113.375	-7.625	0.0282044	0.0332232	0.0226231	0.0278359
563	113.625	-7.625	0.0283995	0.0356318	0.0203985	0.0245828
564	113.875	-7.625	0.0330533	0.0390634	0.0197222	0.0192353
565	114.125	-7.625	0.0396949	0.0342796	0.0094159	0.0001944
566	114.375	-7.625	0.044425	0.0371099	0.0033697	0.0002443
567	114.625	-7.625	0.0478895	0.0419804	0.0043626	0
568	114.875	-7.625	0.0515901	0.0425546	0.0055205	0.0002448
569	115.125	-7.625	0.0023333	0.0022984	0.0031452	0.0008333
570	105.875	-7.375	0.0688333	0.0697177	0	0.0219583
571	106.125	-7.375	0.132886	0.0758038	0.0347089	0.0289441
572	106.375	-7.375	0.146703	0.0680095	0.0303089	0.0248113
573	106.625	-7.375	0.126234	0.0616132	0.0255437	0.016157
574	106.875	-7.375	0.100585	0.0602835	0.0228663	0.0131484
575	107.125	-7.375	0.0800941	0.055758	0.0258727	0.0314684
576	107.375	-7.375	0.0740772	0.0545211	0.0296588	0.0411302
577	107.625	-7.375	0.0785767	0.0543014	0.029154	0.0467048
578	107.875	-7.375	0.09288	0.0608776	0.0311865	0.0536807
579	108.125	-7.375	0.0828278	0.0584294	0.0414231	0.0599922
580	108.375	-7.375	0.0704242	0.0628854	0.0278227	0.0538789
581	108.625	-7.375	0.0669557	0.0599006	0.0264231	0.0523369
582	108.875	-7.375	0.0686451	0.0498966	0.0231093	0.0434861
583	109.125	-7.375	0.0764213	0.039332	0.0167466	0.0286901
584	109.375	-7.375	0.0678384	0.0264968	0.0137351	0.021066
585	109.625	-7.375	0.0513944	0.0193763	0.0110702	0.0152508
586	109.875	-7.375	0.0502606	0.0143254	0.0087688	0.0112624
587	110.125	-7.375	0.0343041	0	0	0
588	110.375	-7.375	0.0319719	0.0064863	0.0073593	0.0118036
589	110.625	-7.375	0.0188152	0.0037925	0.0071483	0.0120229
590	110.875	-7.375	0.0174754	0.0060829	0.0066651	0.0131116

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
591	111.125	-7.375	0.032284	0.0227326	0.0150212	0.0133463
592	111.375	-7.375	0.029202	0.0185416	0.0173385	0.0247344
593	111.625	-7.375	0.0256081	0.0216479	0.0188377	0.0172846
594	111.875	-7.375	0.0290443	0.0232074	0.0192096	0.0187713
595	112.125	-7.375	0.0116214	0.0235669	0.0166748	0.0273446
596	112.375	-7.375	0.0107772	0.0243459	0.0167977	0.0309863
597	112.625	-7.375	0.0192039	0.0258086	0.0172658	0.0327631
598	112.875	-7.375	0.0121369	0.0226419	0.0152497	0.0211039
599	113.125	-7.375	0.0230745	0.0261697	0.0234408	0.0243852
600	113.375	-7.375	0.0236614	0.0273468	0.0250974	0.0241079
601	113.625	-7.375	0.0252583	0.0292925	0.0231338	0.0212533
602	113.875	-7.375	0.0277496	0.0312103	0.0151057	0.0154588
603	114.125	-7.375	0.0369996	0.0279132	0.0032742	0
604	114.375	-7.375	0.0415816	0.03114	0.0022822	0
605	114.625	-7.375	0.0428815	0.0315595	0.0067146	0
606	114.875	-7.375	0.0435319	0.0294398	0.0098504	0
607	115.125	-7.375	0.02	0.0032258	0.0026613	0
608	105.875	-7.125	0.0702083	0.0555242	0.0209677	0.0425
609	106.125	-7.125	0.125725	0.0860061	0.0417003	0.0363858
610	106.375	-7.125	0.130617	0.0739373	0.0377906	0.028207
611	106.625	-7.125	0.129322	0.0607946	0.033289	0.0184183
612	106.875	-7.125	0.0979457	0.063349	0.0273005	0.0175306
613	107.125	-7.125	0.0748627	0.0524388	0.0271317	0.0324434
614	107.375	-7.125	0.0801282	0.0571408	0.0272605	0.0358225
615	107.625	-7.125	0.0757769	0.0458815	0.023989	0.0366028
616	107.875	-7.125	0.0708398	0.0517845	0.0252219	0.0410646
617	108.125	-7.125	0.0553822	0.0466014	0.0312203	0.0469255
618	108.375	-7.125	0.0559078	0.0489058	0.0199264	0.0392239
619	108.625	-7.125	0.0638917	0.0464975	0.0201769	0.0389557
620	108.875	-7.125	0.0438335	0.0393943	0.0193019	0.0336079
621	109.125	-7.125	0.0566621	0.0293271	0.0156132	0.0235645
622	109.375	-7.125	0.071508	0.0228637	0.0147824	0.0191712
623	109.625	-7.125	0.0623231	0.0180015	0.0136145	0.015293
624	109.875	-7.125	0.0454049	0.0155305	0.0120435	0.0117059
625	110.125	-7.125	0.0301619	0	0	0
626	110.375	-7.125	0.0387791	0.0029613	0.0076849	0.0126185
627	110.625	-7.125	0.0240695	0.0038483	0.0074232	0.012856
628	110.875	-7.125	0.0193324	0.0058504	0.0069291	0.0132384
629	111.125	-7.125	0.0296923	0.0137564	0.0164426	0.0142987

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
630	111.375	-7.125	0.0300665	0.0163918	0.0168366	0.0147839
631	111.625	-7.125	0.0324078	0.0187714	0.0173842	0.0161382
632	111.875	-7.125	0.0217893	0.0203054	0.0177039	0.0189528
633	112.125	-7.125	0.0115231	0.0300354	0.0154278	0.0263958
634	112.375	-7.125	0.0095553	0.0215967	0.0154778	0.0296579
635	112.625	-7.125	0.0484708	0.0229531	0.015999	0.0311185
636	112.875	-7.125	0.0172322	0.0220513	0.0229511	0.0203603
637	113.125	-7.125	0.0260429	0.0250675	0.0199135	0.0222586
638	113.375	-7.125	0.0265305	0.0256399	0.0198616	0.0212335
639	113.625	-7.125	0.036387	0.0275755	0.022145	0.0210342
640	113.875	-7.125	0.0321081	0.0302218	0.0166605	0.0180129
641	114.125	-7.125	0.0496841	0.0259797	0.0067322	0
642	114.375	-7.125	0.0587623	0.0392057	0.0144389	0.0043592
643	114.625	-7.125	0.0498183	0.0276324	0.0088119	0.0000972
644	114.875	-7.125	0.0435772	0.0231629	0.0042414	0
645	115.125	-7.125	0.0140833	0.0102823	0.00875	0
646	105.875	-6.875	0.144801	0.083656	0.0712519	0.0706778
647	106.125	-6.875	0.156522	0.098661	0.0835904	0.0958764
648	106.375	-6.875	0.159776	0.0872212	0.0815006	0.0857999
649	106.625	-6.875	0.143945	0.0679322	0.07371	0.0782612
650	106.875	-6.875	0.120129	0.064137	0.0552962	0.0642742
651	107.125	-6.875	0.0742782	0.0496314	0.0149992	0.0107402
652	107.375	-6.875	0.062832	0.0365519	0.0112939	0.00617
653	107.625	-6.875	0.0577281	0.0343761	0.0091068	0.008706
654	107.875	-6.875	0.0524468	0.0380267	0.008694	0.0078214
655	108.125	-6.875	0.0393509	0.022384	0.0125753	0.0116445
656	108.375	-6.875	0.0335213	0.0151357	0	0
657	108.625	-6.875	0.0411136	0.0143055	0	0
658	108.875	-6.875	0.0329092	0.0127889	0.0000159	0
659	109.125	-6.875	0.0357616	0.0238898	0.0194668	0.0245116
660	109.375	-6.875	0.0503762	0.0203563	0.0218465	0.0232453
661	109.625	-6.875	0.0447379	0.0232729	0.0217818	0.0200624
662	109.875	-6.875	0.0339423	0.0375014	0.020712	0.0159842
663	110.125	-6.875	0.0352898	0.0157211	0.0184504	0.0086521
664	110.375	-6.875	0.0444048	0.0094302	0.0254773	0.0189038
665	110.625	-6.875	0.0378204	0.0094831	0.024008	0.0161507
666	110.875	-6.875	0.0409586	0.0121216	0.0221129	0.0163307
667	111.125	-6.875	0.0273825	0.0108399	0.014116	0.0111568
668	111.375	-6.875	0.0235365	0.0121443	0.0129303	0.0113734

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
669	111.625	-6.875	0.0161899	0.013688	0.0126661	0.0117458
670	111.875	-6.875	0.0225442	0.0220326	0.0128971	0.0120375
671	112.125	-6.875	0.0282362	0.0355301	0.0155095	0.025664
672	112.375	-6.875	0.0287486	0.0229228	0.0163756	0.0291051
673	112.625	-6.875	0.0333453	0.0288133	0.0173294	0.0308056
674	112.875	-6.875	0.0294766	0.0209558	0.0137376	0.0191661
675	113.125	-6.875	0.0353344	0.0223605	0.0179217	0.0183464
676	113.375	-6.875	0.0495702	0.0239581	0.0188325	0.0179652
677	113.625	-6.875	0.0347249	0.0246372	0.0178207	0.0156968
678	113.875	-6.875	0.0347499	0.0246605	0.0146285	0.0115566
679	114.125	-6.875	0.0601708	0.0116773	0.0081716	0.0013007
680	114.375	-6.875	0.0568763	0.0087549	0.0045084	0.0001027
681	114.625	-6.875	0.0492699	0.0091556	0.0058903	0
682	114.875	-6.875	0.0279471	0.0095423	0.0052231	0.0001026
683	115.125	-6.875	0.0120833	0.0174597	0.0159274	0.0045
684	105.875	-6.625	0.151669	0.0932522	0.0764719	0.079495
685	106.125	-6.625	0.175	0.110321	0.0971756	0.108404
686	106.375	-6.625	0.197626	0.109622	0.116865	0.134087
687	106.625	-6.625	0.173842	0.0836086	0.106662	0.109696
688	106.875	-6.625	0.145511	0.0848833	0.0735354	0.0911793
689	107.125	-6.625	0.0823031	0.074056	0.0115385	0.0089203
690	107.375	-6.625	0.0591179	0.0706651	0.0100967	0.0052563
691	107.625	-6.625	0.0547138	0.0355629	0.0094905	0.0062088
692	107.875	-6.625	0.0505178	0.0386969	0.0090558	0.008577
693	108.125	-6.625	0.0401995	0.0386748	0.0134352	0.0136903
694	108.375	-6.625	0.0285857	0.0112501	0	0.0000797
695	108.625	-6.625	0.0305499	0.0094315	0	0
696	108.875	-6.625	0.0261208	0.0095083	0	0.0001442
697	109.125	-6.625	0.0248111	0.0298878	0.0189104	0.017463
698	109.375	-6.625	0.0243139	0.031073	0.0249259	0.0203806
699	109.625	-6.625	0.0848856	0.0429954	0.0266932	0.0205487
700	109.875	-6.625	0.0330929	0.0260407	0.0270285	0.017251
701	110.125	-6.625	0.0474688	0.0323342	0.0242037	0.0088743
702	110.375	-6.625	0.0510949	0.0254806	0.0362556	0.0210165
703	110.625	-6.625	0.0726417	0.0276913	0.0424324	0.0194355
704	110.875	-6.625	0.0641406	0.0137224	0.0257862	0.0162913
705	111.125	-6.625	0.0440384	0.0131417	0.0152502	0.0107923
706	111.375	-6.625	0.0522561	0.0128344	0.0136092	0.0109273
707	111.625	-6.625	0.0640694	0.0268954	0.0117132	0.0113123

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
708	111.875	-6.625	0.04907	0.0262699	0.0116656	0.011354
709	112.125	-6.625	0.0718552	0.0382264	0.0189657	0.0227218
710	112.375	-6.625	0.0497243	0.016335	0.0110903	0.0152453
711	112.625	-6.625	0.0472276	0.0187107	0.0119256	0.0168642
712	112.875	-6.625	0.0542593	0.0190268	0.0127849	0.0164957
713	113.125	-6.625	0.049929	0.0198261	0.0163969	0.0155423
714	113.375	-6.625	0.035436	0.02113	0.0177013	0.0151978
715	113.625	-6.625	0.0351046	0.0210538	0.0171864	0.0132797
716	113.875	-6.625	0.0348914	0.0205893	0.0152103	0.0096415
717	114.125	-6.625	0.0542597	0.0079826	0.0046102	0
718	114.375	-6.625	0.0577901	0.0076225	0.0067953	0
719	114.625	-6.625	0.043312	0.0110097	0.0046564	0.0000513
720	114.875	-6.625	0.0586798	0.0077087	0.0054686	0.0000257
721	115.125	-6.625	0.0401667	0	0.0006452	0
722	105.875	-6.375	0.148484	0.0872908	0.0759516	0.0865849
723	106.125	-6.375	0.151977	0.0798922	0.0977646	0.103421
724	106.375	-6.375	0.161978	0.0773632	0.103941	0.112125
725	106.625	-6.375	0.153884	0.0868598	0.135416	0.103032
726	106.875	-6.375	0.116571	0.0620995	0.071764	0.0743293
727	107.125	-6.375	0.0636229	0.0767055	0.0117435	0.0034179
728	107.375	-6.375	0.0514554	0.0816221	0.0105716	0.0040155
729	107.625	-6.375	0.0483074	0.0345903	0.0099148	0.004836
730	107.875	-6.375	0.0453698	0.0255382	0.0094364	0.0059829
731	108.125	-6.375	0.0561375	0.0340051	0.016081	0.0138011
732	108.375	-6.375	0.0492379	0.0149784	0.0033242	0.0015446
733	108.625	-6.375	0.079125	0.0068297	0	0.0012041
734	108.875	-6.375	0.0649158	0.0224062	0.003995	0.0000802
735	109.125	-6.375	0.0306131	0.0459046	0.0297044	0.013606
736	109.375	-6.375	0.0302891	0.0542493	0.037475	0.0189848
737	109.625	-6.375	0.0513105	0.0528909	0.0349057	0.0228389
738	109.875	-6.375	0.0376906	0.0386402	0.0348411	0.0173538
739	110.125	-6.375	0.0579222	0.0579919	0.0286679	0.0098548
740	110.375	-6.375	0.0709944	0.0370656	0.030143	0.0072781
741	110.625	-6.375	0.115648	0.0189413	0.0298912	0.0048848
742	110.875	-6.375	0.115643	0.0111238	0.019681	0.0031391
743	111.125	-6.375	0.0817666	0.0122396	0.0110329	0.0002498
744	111.375	-6.375	0.0651977	0.0192446	0.0080668	0.0001303
745	111.625	-6.375	0.0654834	0.0202232	0.0064635	0.0003052
746	111.875	-6.375	0.0737633	0.0234185	0.0084955	0.0006241

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
747	112.125	-6.375	0.101844	0.0228154	0.0109877	0.010001
748	112.375	-6.375	0.101071	0.0203828	0.0100762	0.0132774
749	112.625	-6.375	0.085797	0.0227074	0.0122203	0.0155056
750	112.875	-6.375	0.100606	0.01818	0.0124213	0.0151323
751	113.125	-6.375	0.0667629	0.0184924	0.0157705	0.0142337
752	113.375	-6.375	0.0492057	0.0203884	0.0169319	0.0138943
753	113.625	-6.375	0.0435027	0.0189685	0.016304	0.0114013
754	113.875	-6.375	0.0385788	0.0180368	0.0141174	0.0085141
755	114.125	-6.375	0.0530595	0.0062105	0.0068857	0
756	114.375	-6.375	0.06452	0.0072009	0.0058558	0
757	114.625	-6.375	0.0490106	0.0061178	0.0038749	0
758	114.875	-6.375	0.0650116	0.0058295	0.0040246	0.0000256
759	115.125	-6.375	0.0714167	0.0033871	0.0002419	0.0010833
760	105.875	-6.125	0.156499	0.0857965	0.0768638	0.078849
761	106.125	-6.125	0.154232	0.075278	0.0842148	0.0874137
762	106.375	-6.125	0.141541	0.0668187	0.09841	0.0918535
763	106.625	-6.125	0.13941	0.099362	0.089	0.0776204
764	106.875	-6.125	0.105592	0.074227	0.0630435	0.0552582
765	107.125	-6.125	0.07074	0.0649046	0.0119729	0.0037345
766	107.375	-6.125	0.0525389	0.0531868	0.0109562	0.0029471
767	107.625	-6.125	0.0524578	0.0366901	0.0000142	0
768	107.875	-6.125	0.0547268	0.0274734	0.0000111	0.0000645
769	108.125	-6.125	0.0583058	0.0111229	0	0.0001768
770	108.375	-6.125	0.0375172	0.0073703	0.0034848	0.0003539
771	108.625	-6.125	0.0561018	0.0186257	0.0108142	0.000289
772	108.875	-6.125	0.0673478	0.050637	0.0205401	0.0043389
773	109.125	-6.125	0.0417232	0.054565	0.0438424	0.013703
774	109.375	-6.125	0.0310908	0.0546321	0.042162	0.0172839
775	109.625	-6.125	0.04423	0.0389409	0.0344902	0.0228677
776	109.875	-6.125	0.0435398	0.0303791	0.0388494	0.0172329
777	110.125	-6.125	0.080064	0.0299568	0.0284905	0.0097412
778	110.375	-6.125	0.0878316	0.0447177	0.0299385	0.0079182
779	110.625	-6.125	0.121023	0.0230747	0.0222721	0.0037724
780	110.875	-6.125	0.156041	0.0315865	0.0264951	0.0029976
781	111.125	-6.125	0.0990929	0.0149343	0.0112042	0.0002769
782	111.375	-6.125	0.0748923	0.0231705	0.0099824	0.000202
783	111.625	-6.125	0.0797915	0.0214445	0.0110122	0.0004772
784	111.875	-6.125	0.108156	0.0198568	0.0087235	0.0007219
785	112.125	-6.125	0.125907	0.0261072	0.0133701	0.0097839

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
786	112.375	-6.125	0.102175	0.0230268	0.0188764	0.0118863
787	112.625	-6.125	0.107415	0.0191289	0.0134529	0.0153451
788	112.875	-6.125	0.142588	0.018161	0.0125011	0.015092
789	113.125	-6.125	0.113309	0.0185338	0.0156225	0.0142821
790	113.375	-6.125	0.0856708	0.0193153	0.0164344	0.0140621
791	113.625	-6.125	0.0660407	0.018375	0.0154062	0.0101836
792	113.875	-6.125	0.0582831	0.0174431	0.0138163	0.0080953
793	114.125	-6.125	0.0675588	0.0064171	0.0053937	0
794	114.375	-6.125	0.085482	0.0059385	0.0042494	0
795	114.625	-6.125	0.085448	0.006085	0.0038234	0
796	114.875	-6.125	0.0639441	0.0055673	0.0035642	0
797	115.125	-6.125	0.0485833	0.0022581	0.0002823	0.0005417
798	105.875	-5.875	0.168195	0.118158	0.0551957	0.0443422
799	106.125	-5.875	0.138745	0.0508351	0.0403419	0.039392
800	106.375	-5.875	0.119238	0.0412226	0.0420987	0.0382123
801	106.625	-5.875	0.105608	0.0571366	0.0471442	0.0368025
802	106.875	-5.875	0.0983674	0.033541	0.0431245	0.0290421
803	107.125	-5.875	0.0952881	0.0377811	0.0137592	0.0006093
804	107.375	-5.875	0.0734591	0.0345662	0	0.0002218
805	107.625	-5.875	0.0678648	0.0441571	0.0002051	0.000184
806	107.875	-5.875	0.0700045	0.0499347	0.0003182	0
807	108.125	-5.875	0.121083	0.035121	0.0004032	0.0000833
808	108.375	-5.875	0.101667	0.0716129	0.0096774	0.0000417
809	108.625	-5.875	0.107917	0.067621	0.0191129	0.0027917
810	108.875	-5.875	0.13175	0.119758	0.0519758	0.0065833
811	109.125	-5.875	0.138833	0.126048	0.0500806	0.0104167
812	109.375	-5.875	0.103	0.105726	0.0330645	0.0084583
813	109.625	-5.875	0.0821667	0.0331048	0.0066935	0.003125
814	109.875	-5.875	0.094	0.013629	0.0047177	0.0005833
815	110.125	-5.875	0.125458	0.0326613	0.0021371	0.003875
816	110.375	-5.875	0.114292	0.0254839	0.0054436	0.00175
817	110.625	-5.875	0.14525	0.0333065	0.008629	0.0067917
818	110.875	-5.875	0.169792	0.0365726	0.0070161	0
819	111.125	-5.875	0.226167	0.0189113	0.0007661	0
820	111.375	-5.875	0.264833	0.0254839	0.0058064	0
821	111.625	-5.875	0.340958	0.0196774	0.0112097	0.0022917
822	111.875	-5.875	0.322042	0.0302016	0.0104435	0.0034167
823	112.125	-5.875	0.215167	0.0231452	0.0072177	0
824	112.375	-5.875	0.208333	0.03125	0.0385484	0.000875

FID	lon	lat	TRMM_0606_ Prc (mm/hr)	TRMM_0607_ Prc (mm/hr)	TRMM_0608_ Prc (mm/hr)	TRMM_0609_ Prc (mm/hr)
825	112.625	-5.875	0.235417	0.0632661	0.0202016	0.0035417
826	112.875	-5.875	0.224792	0.0041129	0.0014516	0.0003333
827	113.125	-5.875	0.268792	0.0014113	0	0
828	113.375	-5.875	0.229667	0.0016129	0	0
829	113.625	-5.875	0.158292	0.0016936	0	0
830	113.875	-5.875	0.125	0.0004839	0	0.0000417
831	114.125	-5.875	0.125292	0.0052016	0	0.0000833
832	114.375	-5.875	0.106292	0.0064113	0.0003226	0.0001667
833	114.625	-5.875	0.106042	0.0105242	0	0.0000833
834	114.875	-5.875	0.0974583	0.0120161	0.0004435	0
835	115.125	-5.875	0.0737917	0.012379	0.0000403	0.0003333

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai analisa perubahan massa bumi akibat gempa Jawa Barat 17 Juli 2006 (7,7 Mw), kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan massa bumi di wilayah lokasi penelitian dengan radius 100 km dari episenter Gempa 7,7 Mw bervariasi dengan nilai *equivalent water height* berada rentang antara +5 cm dan +10 cm pada bulan Juni, pada bulan Juli berada pada rentang 0 cm dan -5 cm, dan di bulan Agustus berada pada rentang 0 cm dan +5 cm. Nilai yang bervariasi berkaitan dengan topografi dan densitas massa bumi di wilayah studi.
- b. Perubahan massa pada titik episenter gempa sebelum dan sesudah gempa menurun secara signifikan dari nilai +4,986 menjadi -1,988 cm. Penurunan nilai massa ini menunjukkan adanya perubahan densitas massa akibat gempa.
- c. Data grid solusi medan gaya berat bulanan level-3 GRACE dapat digunakan untuk mengetahui nilai perubahan massa bumi yang terjadi akibat gempa.

5.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan guna menunjang penelitian yang lebih baik antara lain:

- a. Perlu adanya pengamatan dengan data lain seperti GPS agar dibandingkan dengan hasil pengamatan menggunakan data satelit GRACE.
- b. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai gempa bumi, perubahan densitas massa bumi, dan kajian serta pengolahan data satelit GRACE.
- c. Perlu adanya data pendukung lain untuk membantu dalam analisa perubahan massa terhadap gempa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Anjasmara (2008). *Spatio – Temporal Analysis of GRACE Gravity Field Variation using The Principal Component Analysis*. Master Thesis, Department of Spatial Science, Curtin University, Australia.
- Ammon, C. J., Kanamori, H., Lay, T., & Velasco, A. A. (2006). The 17 July 2006 Java tsunami earthquake. *Geophysical Research Letters*, vol. 33, No. 24, hal. 1–5. <http://doi.org/10.1029/2006GL028005>
- Anderson, M. (2012). *Investigating Plate Tectonics, Earthquakes, and volcanoes*. (A. Michael, Ed.) (1st ed.). New York: Britannica Educational.
- Bettadpur, S. (2007). UTCSR Level-2 Processing Standards Document, 742, 18.
- Bettadpur, S. (2012). Gravity Recovery and Climate Experiment Level-2 Gravity Field Product User Handbook, 734, 19.
- Bock, Y. (2003). Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements. *Journal of Geophysical Research*, 108(B8), 3–17. <http://doi.org/10.1029/2001JB000324>
- Bowin, C. (2009). Depth of principal mass anomalies contributing to the earth ' s geoidal undulations and gravity anomalies. *Marine Geodesy*, (7), 1–4, 61–100. <http://doi.org/10.1080/15210608309379476>
- Briggs, R. W., Sieh, K., Meltzner, A. J., Natawidjaja, D., Galetzka, J., Suwargadi, B., ... Bock, Y. (2005). Deformation and Slip Along the the Sunda Megathrust in great, 311.
- Case, K., Kruizinga, G., & Wu, S.-C. (2010). GRACE Level 1B Data Product User Handbook. *Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, JPL D-22027*, 62.
- Chao, F. (1987). Changes in the Earth's rotation and low-degree gravitational field induced by earthquakes, (91), 569–596.
- Dahle, C. (2012). Release Notes for GFZ GRACE Level-2 Products - version RL05, 2014, 2–4. <http://doi.org/10.2312/GFZ.b103-1202-25>
- Flechtner, F. (2011). GRACE Level 2 Products. Mayschoss.

- Guo, J., Mu, D., Liu, X., & Yan, H. (2014). Extracted from GRACE Gravity Field Model with Robust Independent Component Analysis. *Acta Geophysica*. <http://doi.org/10.2478/s11600-014-0210-0>
- Hamilton, W. bell. (1979). *Tectonic of the Indonesian Region*. Washington, USA.
- Hinga, B. (2015). *Ring of Fire : an encyclopedia of the Pacific Rim's earthquakes, tsunamis, and volcanoes* (1st editio). santa barbara, california: ABC-CLIO, LLC.
- Katili, J. A. (1975). Volcanism and plate tectonics in the Indonesian island arcs. *Tectonophysics*, vol. 26, no. 3-4, hal. 165–188. [http://doi.org/10.1016/0040-1951\(75\)90088-8](http://doi.org/10.1016/0040-1951(75)90088-8)
- Kato, T., Ito, T., & Abidin, H. Z. (2007). Preliminary report on crustal deformation surveys and tsunami measurements caused by the July 17 , 2006 South off Java Island Earthquake and Tsunami , Indonesia, (2006), 1055–1059.
- Kuenza, K., & Soon-hoe, C. (2010). Reveals Its Tsunamigenic Nature Karma Kuenza and Chew Soon-Hoe, vol. 81, no. 1, hal. 99–112. <http://doi.org/10.1785/gssrl.81.1.99>
- Mark Petersen, Harmsen, S., Charles Mueller, Kathleen Haller, James Dewey, Nicolas Luco, ... Kenneth Rukstales. (2007). Documentation for the Southeast Asia Seismic Hazard Maps, 67. Retrieved from <http://pubs.usgs.gov/circ/1383f/Circ1383-F.pdf>
- McCaffrey, R. (2009). The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37(1), 345–366. <http://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100212>
- Minster, j bernard, & Jordan, thomas h. (1978). Present-day Plate Motions. *Journal of Geophysical Research*, 83(B11), 5331–5354. <http://doi.org/10.1029/JB083iB11p05331>
- Mori, J., Mooney, W. D., Kurniawan, S., Ibnu, A., & Widiyantoro, S. (2007). The 17 July 2006 Tsunami Earthquake in West Java, Indonesia. *Seismological Research Letters*, 78(2), 201–207. <http://doi.org/10.1785/gssrl.78.2.201>
- Rohadi, S. (2009). Studi Seismotektonik sebagai Indikator Potensi Gempa Bumi di Wilayah Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 10(2), 111–120.
- Rovicky. (2006). *SEISMISITAS WILAYAH PANGANDARAN INDONESIA*.

- Spero, R. (2012). Orbiting laser interferometer to measure Earth ' s gravity, 10–12.
- Tapley, B. D., Tapley, B. D., Bettadpur, S., Ries, J. C., Thompson, P. F., & Watkins, M. M. (2004). R EPORTS GRACE Measurements of Mass Variability in the Earth System. *Science*, 503(2004). <http://doi.org/10.1126/science.1099192>
- Turcotte, D., & Schubert, J. (1982). *Geodynamics* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- USGS, 2012. <http://earthquake.usgs.gov/learn/>.
- UTCSR, 2012. <http://www.csr.utexas.edu/grace/>.
- Velicogna, I., & Wahr, J. (2005). Gravity Show Mass Loss in Antarctica. *Science*, 311, 1754.
- Wahr, J., Molenaar, M., & Bryan, F. (1998). Time Variability of the Earth's Gravity Field : Hydrological and Oceanic Effects and Their Possible Detection Using GRACE. *Journal of Geophysical Research*, 103(B12), 205–229. <http://doi.org/10.1029/98JB02844>; doi:10.1029/9
- Wessel, P., & Smith, W. (1998). Generic Mapping Tools (GMT) - Part 1.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Dennis Daniel Maumayan, lahir di Kota Ambon, 16 September 1990. Menempuh pendidikan formal di SD Inpres 6.88 Perumnas II Waena, SLTP YPPK St.Paulus Abepura, SMA YPPK Teruna Bakti Waena, Jayapura. Merupakan alumni Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih, Jayapura, yang lulus S1 (Sarjana) pada tahun 2012. Kemudian pada tahun 2013, penulis melanjutkan studi melalui program beasiswa Pra S2 – S2 Saintek, yang merupakan salah satu program MP3EI (Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia), di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, selama 1 tahun di Jurusan Fisika (Pra S2) dan melanjutkan S2 (Magister) di Jurusan Teknik Geomatika pada tahun 2014. Fokus bidang penulis adalah bidang Geodinamika dengan judul **“Analisa Perubahan Massa Bumi Akibat Gempa Menggunakan Data Satelit Gaya Berat GRACE (Studi Kasus: Gempa Jawa Barat 17 Juli 2006 Mw 7,7)”**.